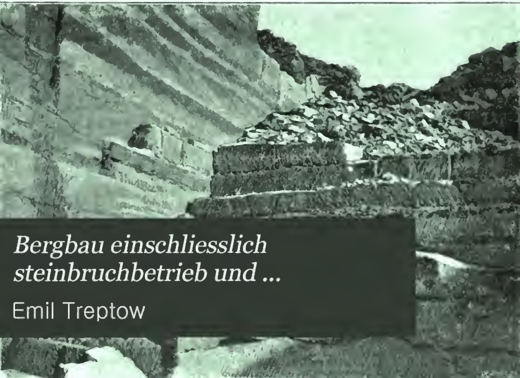


10. Bearbeitung des Granits in altägyptischer Zeit.
Granitblock mit Steinlöchern in einem Steinbruche bei Assuan.



Bergbau einschliesslich steinbruchbetrieb und ...

Emil Treptow

Bergbau

Steinbruchbetrieb und Edelsteingewinnung

Bergbau

einschließlich

Steinbruchbetrieb und Edelsteingewinnung

Geschichte des Bergbaues, Vorkommen und Abbau
der nutzbaren Mineralien in den wichtigsten Bergbaubezirken aller Länder

Für weitere Kreise geschildert

von

E. Treptow
Prof. an der Bergakademie Freiberg

Mit 396 Text-Abbildungen, sowie 6 Beilagen

Leipzig
Verlag von Otto Spamer
1900

Sonderausgabe aus dem Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien.

Inhaltsverzeichnis.

Beilagen.

Bergbau



Die Salzgewinnnng.
Wandgemälde von Klein-Chevalier im Sitzungssaale des Königl. Preuß. Oberbergamts Halle.
Nach Photographie von Fritz Möller in Halle a. S.

Einleitung.

Ein ungeahnt schneller Fortschritt auf allen Gebieten kennzeichnet die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts. Wohin wir auch blicken mögen, überall tritt der gewaltige Einfluß hervor, den die immer eingehendere Erkenntnis der Naturwissenschaften und deren Anwendung auf dem weiten Felde des Gewerbes, der Industrie und Technik auf alle Zweige menschlicher Thätigkeit ausübt. So bedeutend ist die stete Zunahme der Hilfsmittel, so überraschend die schnelle Aufeinanderfolge wichtiger Erfindungen, daß man den Wendepunkt des Jahrhunderts, welches man noch bis vor etwa 10 Jahren mit Recht und Stolz dasjenige des Dampfes nannte, nunmehr als den Beginn eines neuen Zeitabschnittes betrachten möchte, dem die Elektrizität bisher unbekannte Wege weist.

Wenn wir nun die heutigen Verkehrsmittel mustern, die Schnelldampfer, welche die Weltmeere durchfurchen, die Eilzüge, die uns auf stählerner Bahn mit Windeseile durch die Länder führen, die ungeahnt rasche und vereinfachte Verständigung über weite Strecken durch Telegraph und Telephon; wenn wir die verbesserten Maschinen, Geräte und Werkzeuge für die mannigfachsten Zwecke, wenn wir die Waffen vom drehbaren Panzerturm mit seinen Riesengeschützen, vom Torpedoboot bis zum Magazingewehr, oder endlich die Herstellung aller der unendlich verschiedenen Bedürfnisse für das alltägliche Leben, für Kunst und Wissenschaft genauerer Prüfung unterwerfen, so erkennen wir unschwer, daß es vorwiegend die Rohstoffe aus dem Steinreiche sind, deren wir immer und immer wieder bedürfen, mit denen all unsere Lebensgewohnheiten auf das innigste verknüpft sind.

Denn was bliebe von der eigenartigen, sich stetig vervollkommnenden und vielseitiger gestaltenden Kultur des 19. Jahrhunderts übrig, wenn wir keine Kohlen (allgemeiner gesagt, keine fossilen Brennstoffe) und keine Metalle hätten?

Und was heute gilt, das hat auch für die Anfänge aller Kultur Geltung, denn wenn auch der Gebrauch des Werkzeugs an und für sich den Beginn menschlichen Lebens kennzeichnet, so konnte doch der Urmensch, so wichtig das Tier- und Pflanzenreich für ihn war, erst durch die Benutzung der Rohstoffe des Mineralreiches im Kampfe ums Dasein zur Beherrschung der umgebenden Natur gelangen, und die heutige hohe Entwickelung unserer Kultur ist nur bei stetig gesteigerter Verwendung der mineralischen Rohstoffe denkbar. Daß unter diesen Umständen diejenigen Industrien, welche diese Rohstoffe beschaffen und weiter verarbeiten, in der Volkswirtschaft eine hervorragende Rolle spielen und unser Interesse in hohem Grade wach rufen, ist selbstverständlich.

Der Bergmann ringt der Erde die Güter des Mineralreiches ab, Kohlen, Erze, Salze und vieles andere mehr, und Hütten und chemische Fabriken arbeiten durch Herstellung der Metalle und Chemikalien den verschiedensten Zweigen des Gewerbes und der Technik vor, welche die fertigen Erzeugnisse in den Verkehr bringen.

Es ist jedoch nicht nur die volkswirtschaftliche Bedeutung des Bergbaues, der Wert, die Menge und Mannigfaltigkeit seiner Erzeugnisse, die Großartigkeit seiner Anlagen, die gewaltige Zahl der durch ihn beschäftigten Arbeitskräfte, welche unser Interesse weckt, nein auch die Eigenartigkeit des bergmännischen Berufes, die Arbeit in der dunklen Tiefe mit ihren reizvollen Bildern aber auch mannigfachen Gefahren ist es, die den Wunsch in uns rege macht, dieses Arbeitsfeld so vieler Tausende unserer Mitmenschen kennen zu lernen.

Wer erinnert sich nicht an die prächtigen Farben, den schimmernden Glanz, die herrlichen Krystallformen der Mineralien, die uns in den Sammlungen entzücken, ja mancher der Leser wird schon hinabgestiegen sein in das unterirdische Reich des Bergbaues und wird der Erze glitzernde Pracht in den Gängen und Klüften des Gesteins, oder das Blinken des schneeigen Salzes mit eigenen Augen geschaut haben. Selbst die schwarze Kohle ist in der Grube nicht rußig und unansehnlich, am Arbeitsort des Bergmannes glänzt auch sie und strahlt das Licht schwarzen Diamanten vergleichbar tausendfältig zurück.

Leider werden wir aber auch oft schmerzlich berührt, wenn trotz aller Vorsicht die Mächte der Unterwelt aus der Reihe der Knappen ihre Opfer fordern. Bald ist es die heiße Flamme der schlagenden Wetter, welche züngelnd und Verderben verbreitend durch die Baue fährt, bald erfüllt der Grubenbrand die Schächte und Strecken mit todbringenden Gasen, die jeden Bergmann, den sie erreichen, dem sicheren Tode weihen, dann wiederum dringen von ihren unterirdischen Wegen abgelenkt brausend wilde Wasser in die Gruben ein und überschwemmen in kurzer Zeit das Arbeitsfeld der Menschen, oder die Last des Gesteins bricht hernieder und bedroht nicht nur die Knappen, sondern zuweilen auch die menschlichen Siedelungen an der Oberfläche, da der feste Grund zu wanken beginnt. —

Wir wollen versuchen, den Leser einzuführen in das Arbeitsgebiet des Bergbaues. Ehe wir jedoch auf die großartigen Hilfsmittel eingehen, die dem Bergmann jetzt zur Verfügung stehen, und die Stätten schildern, an denen heute vorwiegend die Güter der Berge gewonnen werden, müssen wir einen, wenn auch nur kurzen, Blick auf die Entwickelungsgeschichte des Bergbaues werfen. Denn ebenso wie die Benutzung des Steinreiches nach Menge des Verbrauches und Mannigfaltigkeit der nutzbar gemachten Rohstoffe von unscheinbaren Anfängen ganz allmählich zu der heutigen Bedeutung gelangt ist, ebenso haben sich die Hilfsmittel zu ihrer Gewinnung Schritt für Schritt entwickelt und vervollkommnet. Auch ist es nicht ohne Interesse, die geographische Ausbreitung des Bergbaubetriebes über immer weitere Gebiete, wenigstens in großen Zügen zu verfolgen und den häufigen Wechsel der Bedeutung einzelner Länder und Völker für die Produktion an mineralischen Rohstoffen kennen zu lernen.

* * *

Geschichte des Bergbaues.

Die vorgeschichtliche Zeit.

Während die Geschichte auch der ältesten Kulturvölker kaum 5—6 Jahrtausende zählt, müssen wir die vorgeschichtliche Zeit des Menschengeschlechtes auf einen erheblich längeren Zeitraum, vielleicht auf mehr als hunderttausend Jahre bemessen. Die Forschung über die Vorgeschichte der Menschheit, die Prähistorie, und über die Entwickelung der Anfänge der Kultur, die Archäologie, in Verbindung mit dem wissenschaftlichen Studium der noch lebenden Naturvölker, wie der Australneger, der Patagonier, der Indianerstämme des Amazonasgebietes, der Eskimos und vieler anderer mehr, die Ethnologie, lehren uns an der Hand der zahlreichen Funde, welche in Höhlen und Torfmooren, in den Pfahlbauten und an sonstigen Stätten früher menschlicher Siedelungen, endlich auch in den Gräbern gemacht wurden, daß zuerst außer dem Holz, den Knochen, Geweihen, Hörnern und Zähnen der Tiere nur der unbearbeitete Stein, wie die Natur selbst ihn darbietet, sei es als gerundetes Geschiebe oder als kantiges Bruchstück dem Menschen zum rohen Werkzeug diente.

Ein weiterer Schritt, nämlich die Bearbeitung der rohen Steine durch Schlagen, Schleifen und Polieren, später auch durch Bohren, führt uns zu den ersten nachweislichen, wenn auch sehr einfachen bergmännischen Betrieben, in denen mineralische Rohstoffe in größeren Mengen gewonnen, kunstgerecht bearbeitet und dann durch den Tauschhandel über weite Gebiete verbreitet wurden. Bald nämlich hoben sich aus der großen Zahl der Steine solche heraus, die sich besonders für derartige Benutzung eigneten, so namentlich der Feuerstein und an manchen Orten auch der Obsidian, das ist glasig erstarrte Lava; im Orient hat außerdem der grüne Nephrit und eine Abart, der graue Jadait, ein durch seine Zähigkeit ausgezeichnetes Mineral, eine ähnliche Rolle gespielt, er heißt auch Beilstein, da aus ihm neben anderen Werkzeugen vielfach Beile gefertigt werden. Die Maori auf Neuseeland benutzen noch heute den Nephrit zu Werkzeugen, indem sie ihn mittels Kieselschiefer in sehr mühevoller Weise bearbeiten. Beim Zurechtschlagen der Steine dürfte auch die leichte Feuererzeugung auf diesem Wege bekannt geworden sein, welche bei vielen Völkern diejenige durch Aneinanderreiben von Hölzern ersetzte. Manche Volksstämme verwendeten übrigens zum Feuerschlagen auch den Schwefelkies.

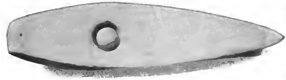
Wo derartige Mineralien in größeren Mengen und besonders geeigneter Beschaffenheit vorkamen, entstanden förmliche Werkstätten für die Herstellung von Steinwerkzeugen; so z. B. auf der Insel Rügen, woselbst die in der weißen Kreide häufigen Feuersteine zu Hämmern, Meißeln, Äxten, Messern, Pfeilspitzen und anderen Gegenständen mehr geschlagen wurden, um als Handelsartikel zu dienen. Auch in der Neuen Welt sind solche Stätten der Gewinnung von Feuerstein und der Massenherstellung steinerner Werkzeuge, z. B. im Staate Missouri (Nordamerika) gefunden worden. Der dortige Feuerstein eignet sich so vortrefflich dazu, durch Schlagen geformt zu werden, daß messerscharfe Splitter von 15, ja von 25 cm Länge nicht ungewöhnlich sind. Auch die Gewinnung des am Oberen See (Lake superior) so häufigen gediegenen Kupfers durch die Ureinwohner Nordamerikas dürfte ebenfalls zur Erzeugung gehämmerter Werkzeuge als Handelsware schon sehr frühzeitig erfolgt sein.

Zeitig lernte der vorgeschichtliche Mensch ferner, den knetbaren Thon zu Gefäßen und Bausteinen zu formen und zu brennen, auch die Kunst des Glasschmelzens entwickelte sich frühzeitig, denn wir finden nicht selten in den Gräbern der frühesten Perioden Glasperlen als Schmuck. Von den Metallen waren in ältester Zeit nur die gediegen vorkommenden bekannt; unter diesen ist das Gold außerordentlich verbreitet und wenn es auch meistens nur in geringen Mengen gefunden wird, so ist seine Gewinnung aus den Seifen dafür sehr einfach. Neben dem gelben Metalle, welches wegen seiner Weichheit wohl nur zum Schmuck Verwendung fand, wurden das leicht hämmerbare, vielfach gediegen vorkommende Kupfer und in seltenen Fällen das nur sehr spärlich in der Natur vorhandene, übrigens nicht immer gut schmiedbare meteorische Eisen benutzt (vergl.

Abb. 9 S. 9). Auch das **Salz**, aus dem Meerwasser und aus Salzquellen gewonnen, dürfte als Würze der Speisen eines der ersten Mineralien gewesen sein, die der Mensch ständig gebrauchte, und das als geschätzte Handelsware weithin befördert wurde.

Um in der Aufzählung der vom Menschen in frühester Zeit verwendeten mineralischen Rohstoffe möglichst vollständig zu sein, möge hier noch kurz erwähnt werden, daß bei den ältesten Kulturvölkern vielfach Farberden zum Bemalen der Gefäße, auch des Körpers benutzt wurden, so namentlich Kreide, weißer und gelblicher Thon, Eisenocker, seltener Zinnober. Auch wurden neben Federn, getrockneten Früchten, Muscheln, Zähnen erlegter Raubtiere mancherlei farbige Mineralien zu Anhängseln verschiedenster Form verwendet, zu Perlen geschliffen und als Schmuck getragen, bei den Indianern Nordamerikas z. B. der silberweiß glänzende Glimmer, in Mexiko die grünen Mineralien, die wir heute Amazonenstein (Feldspat) und Chrysopras (eine Opalart) nennen, ja sogar buntfarbige Kupfererze finden sich als Schmuck. In Mitteleuropa ist **Bernstein**, der später noch mehrfach zu erwähnen sein wird, der älteste Schmuckstein, wozu er sich durch die Leichtigkeit der Bearbeitung, die lebhafte gelbe Farbe und die Politurfähigkeit ganz besonders eignete.

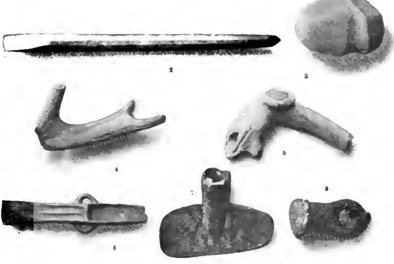
Übrigens ist gerade in bergmännisch-technischer Beziehung die Art und Weise, wie zuweilen zur Steinzeit die Stiellöcher der Steinwerkzeuge gebohrt wurden, von hohem Interesse. Wir finden als archäologische Seltenheit (vgl. Abb. 1) Stücke, bei denen diese Bohrung begonnen, jedoch nicht vollendet wurde, und da zeigt sich dann zuweilen, daß die **Kernbohrung** angewendet wurde, d. h. es ist ein ringförmiger Raum, dessen äußerer Durchmesser dem des herzustellenden kreisrunden Loches entspricht, ausgebohrt, innerhalb desselben jedoch blieb das Gestein als Cylinder (Bohrkern) stehen. Wahrscheinlich sind diese Bohrungen mittels Röhrenknochen ausgeführt worden, unter die hartes Gesteinpulver, mit Wasser angerührt, gebracht wurde. Derartige Bohrkerne, die sogenannten „**nuclei**", sind aus der Steinzeit ebenfalls bekannt. Dieses Verfahren der Bohrung ist dann im Laufe der Jahrtausende — wohl deshalb, weil durch das Gießen und Schmieden der Metalle seine Anwendung entbehrlich wurde — in Vergessenheit geraten. Erst im Jahre 1846 brachte der Genfer Ingenieur Leschot die Kernbohrung und zwar mit Hilfe der Diamanten wieder in Vorschlag. Wir danken diesem Bohrsysteme die großen Erfolge, namentlich die Schnelligkeit und Sicherheit, mit der heute Tiefbohrungen bis zu sehr erheblichen Tiefen (2000 m) ausgeführt werden, aber nur selten wird daran gedacht, daß dieses Verfahren in seinen Grundzügen bereits vor ungezählten Jahrtausenden ausgeführt wurde. Es wäre wohl möglich, daß Leschot durch Fundstücke in den Schweizer Pfahlbauten zur Wiederentdeckung dieses Bohrverfahrens angeregt wurde.



1. **Angefangene Kernbohrung in einem Steinhammer.**
(Original im Westpreußischen Provinzialmuseum zu Danzig.)

Schon die Benutzung steinerner Werkzeuge gestattete dem Menschen der Vorzeit und ermöglicht den auf niedriger Kulturstufe stehenden Völkern der Gegenwart die Bearbeitung weicher Gesteine. Ja wir haben thatsächlich Belege, daß die bergmännische Gewinnung von Mineralien mittels steinerner Werkzeuge erfolgt ist. Abb. 2 zeigt einen steinernen Schrämspieß, einer kurzen Brechstange ähnlich. Derartige Werkzeuge wurden noch in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts in dem Hinterlande der Goldküste, westlich von der Mündung des Niger, von den Eingeborenen gebraucht, um das goldführende Schwemmland durchzuarbeiten. Das abgebildete selten schöne Stück hat 48 cm Länge und 3 cm mittlere Stärke, in seinem Hauptteile ist es eckig geschliffen, an dem einen Ende meißelartig geschärft; das Gestein ist ein Thonschiefer (Wetzschiefer). Ein anderes Beispiel und zwar eines ausgedehnten Kupferbergbaues mit Hilfe steinerner Werkzeuge ist uns in den Gebirgen Nordspaniens auf dem Höhenzuge **El Aramo** erhalten geblieben. (Dory, A., „Les

mines préhistoriques de l'Aramo, Asturies", in „Revue universelle des mines" 1894). Es ist dies ein besonderer Glückszufall, denn alte bergmännische Arbeiten sind sehr häufig in frühgeschichtlicher Zeit wieder in Betrieb genommen und dabei die Spuren der ursprünglichen Bearbeitung verwischt worden. In den Gruben des Bergzuges Aramo sind eine große Zahl noch sehr roher Steinwerkzeuge gefunden worden, welche zur Bearbeitung des Kalksteins dienten, in dem die Kupfererze vorkommen, während Hirschgeweihe bei der Gewinnung thoniger Massen verwendet wurden. Unsere Abb. 3 zeigt einen von dort stammenden 1,8 kg schweren steinernen Hammer aus einem Geschiebe von Süßwasserquarz bestehend, ringsum ist eine vertiefte Rinne eingehauen, die wohl zur Befestigung eines Riemens gedient hat, dessen anderes Ende um das Handgelenk geschlungen wurde. Solche Hämmer sind übrigens auch in alten Tagebauen auf den Kiesstöcken von Rio Tinto im südlichen Spanien, ferner im russischen Quecksilberbergwerke Nikitowka im Donez-Revier



2—8. Bergmännische Werkzeuge aus Stein, Hirschgeweihen und Bronze. ($^1/_5$ natürl. Größe.)
2 Steinerner Schrämspieß. 3 Steinerner Hammer, 4 u. 5 Stücke von Hirschgeweihen, 6 Bronzekelt, 7 Schaufelblatt, 8 Hammer aus Bronze. Nach Originalen der Bergakademie zu Freiberg.

gefunden worden, und die Indianer des inneren Bolivia handhaben heute noch derartige Steinhämmer in der beschriebenen Weise. Auch kommen Steine vor, welche, in die halbgeschlossene Hand genommen, als Hämmer gebraucht worden sind und diese Bestimmung deutlich an den Spuren der Benutzung erkennen lassen. Andere Steine haben als Keile, wieder andere als Mahlsteine bei der Zerkleinerung der Erze gedient. Abb. 4 u. 5 zeigen zwei Geweihstücke, welche an demselben Fundorte zurückgelassen worden sind. Dieses Beispiel beweist deutlich, daß schon mittels steinerner Werkzeuge unterirdischer Bergbaubetrieb stattfand.

Die bergmännische Gewinnung von Erzen setzt als weiteren gewichtigen Fortschritt die Herstellung von Metallen aus denselben durch zuerst natürlich sehr einfache Schmelzverfahren voraus. Bald wird außer der hüttenmännischen Darstellung des Eisens und Kupfers auch diejenige der Bronze, später die Härtung des Eisens zu Stahl allgemein bekannt. Es gelangt hierdurch der Mensch in den Besitz von Werkzeugen, welche die wenngleich mühevolle Bearbeitung auch harter Gesteine mittels Hammer und Keil oder Meißel ermöglichen. Die Völkerschaften, welche diese Höhe der Kultur erreicht hatten,

hinterließen in Bauwerken dauernde, bis in unsere Zeit erhaltene Spuren ihres Daseins, und somit treten wir in die geschichtliche Zeit ein. Es mag an dieser Stelle auch darauf hingewiesen werden, daß viele der ältesten Bauwerke Asiens und Ägyptens mit Gipsmörtel hergestellt sind, dessen Zubereitung durch Brennen und darauf folgendes Mahlen des rohen Gipses vor dem Anrühren mit Wasser bekannt war.

Die häufige Verwendung des Feuers zu hüttenmännischen Arbeiten und zum Brennen der Thonwaren ließ aber auch über dessen Einwirkung auf die Gesteine vielfache Erfahrungen sammeln. Hierdurch wurde der Menschheit ein zweites und kräftigeres Hilfsmittel zugänglich, um auch sehr harte Gesteine aus ihrem Zusammenhange zu lösen, es ist dies das Feuersetzen; denn die Hitze des Feuerbrandes und die darauf folgende Abkühlung zerklüften das Gestein, es erhält Sprünge und Risse, bricht durch sein Eigengewicht herein oder läßt sich dann leicht in größeren Stücken lösen. Diese beiden Mittel, Hammer, Meißel und Keil einerseits und das Feuersetzen anderseits, sind bis zur allgemeinen Anwendung des Sprengpulvers, also bis etwa um das Jahr 1690 n. Chr. Geburt, die einzigen für die Arbeit in harten Gesteinen geblieben.

Die Abb. 6, 7 u. 8 zeigen einige Bronzewerkzeuge, welche nachweislich zur Grubenarbeit verwendet worden sind. Der Kelt (Abb. 6) stammt aus einer spanischen Grube, das meißelartige Werkzeug wurde an einen gespaltenen Stiel durch Lederriemen festgebunden, die in den beiden Öhren befestigt waren. Das Schaufelblatt (Abb. 7) und der eigenartig geformte Hammer (Abb. 8) sind in einer südamerikanischen, zur Zeit verlassenen Grube in der Nähe des berühmten Bergortes Guantayaja (180 km östlich von dem Hafenorte Iquique gelegen) gefunden worden, beide sind gegossen. Merkwürdigerweise läßt sich aus der ganzen Bauweise der noch jetzt zugänglichen Grube mit Sicherheit schließen, daß dieselbe nach der Eroberung der Gegend durch die Spanier und zwar zur Gewinnung von Silber nnd Kupfer betrieben wurde, und es muß vermutet werden, daß diese Werkzeuge — deren starke Abnutzung übrigens deutlich ersichtlich ist — als Notbehelf angefertigt wurden etwa zu einer Zeit, als die Verbindung mit der Küste zum Bezug eiserner Werkzeuge nicht thunlich war.

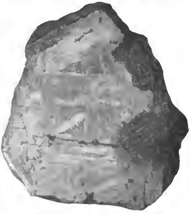
Es ist lange ein streitiger Punkt gewesen, ob der Mensch der Vorzeit früher im stande gewesen sei, schmiedbares Eisen oder Bronze herzustellen. Früher wurde ziemlich allgemein angenommen, daß auf die Steinzeit zunächst eine Bronzezeit und dann erst ein Eisenzeitalter folgte. Hierfür scheint namentlich der Umstand zu sprechen, daß uns aus ältester Zeit sehr viel mehr Bronzegegenstände als Eisengeräte erhalten geblieben sind.

Wenn diese Frage hier an der Hand der verdienstvollen Ausführungen Dr. Ludwig Becks in seiner hochinteressanten „Geschichte des Eisens“ näher beleuchtet wird, so muß dies deshalb geschehen, weil der Gegenstand auch für die Geschichte der Kenntnis und Gewinnung der Erze wichtig ist und außer Gründen der Ethnographie namentlich solche der Metallurgie (Lehre von der Herstellung der Metalle) bei der Beurteilung maßgebend sind. Diese machen es nämlich wahrscheinlich, daß die Kenntnis des schmiedbaren Eisens im allgemeinen älter als diejenige der Bronzedarstellung ist. Hierbei muß jedoch berücksichtigt werden, daß das natürliche Vorkommen geeigneter Erze an einem Orte die Eisendarstellung, am anderen die Erzeugung der Bronze erleichtert haben wird und daß der Entwickelungsgang nicht überall auf der Erde der gleiche gewesen ist. Ferner ist zu betonen, daß die künstliche Darstellung schmiedbarer Metalle bei den verschiedenen Völkern nicht gleichzeitig stattgefunden hat. Die Kenntnis der Eisen- und Bronzedarstellung dürfte zu verschiedener Zeit von einzelnen Kulturmittelpunkten ausgegangen sein und hat sich von hier aus weiter und weiter verbreitet. Daher finden wir auch Gegenden, in denen, wie z. B. in Norddeutschland, während eines längeren Zeitabschnittes im Lande gefertigte Steinwerkzeuge und eingeführte Bronzewaren nebeneinander in Benutzung standen, denn anders läßt es sich nicht erklären, daß wir geschliffene, sehr sauber bearbeitete Steinwerkzeuge finden, welche in auffälligster Weise die Formen des Bronzegusses bis in die Einzelheiten, sogar einschließlich der Gußnaht nachahmen.

Die besten Beispiele für selbständige Kulturentwickelung bieten die Urvölker Amerikas, Afrikas und Australiens. Die Indianer Nordamerikas kannten zwar vor dem Eindringen

der Europäer das am Oberen See häufig vorkommende metallische Kupfer, jedoch formten sie es lediglich durch Hämmern in kaltem Zustande und durch Schleifen. Die Herstellung von Metallen aus Erzen, auch das Formen durch Gießen war in Nordamerika unbekannt. Dagegen waren die hochentwickelten Azteken im heutigen Mexiko und die Bewohner des Inkareiches, welches sich vom nördlichen Chile durch Bolivia und Peru bis nach Ecuador erstreckte, im Besitze der Kunst des Erzschmelzens und zwar wahrscheinlich jedes Volk durch selbständige Erfindung. Außer dem Golde und Silber benutzten sie das Kupfer und die Bronze und verstanden das Gießen derselben, das Blei fand Verwendung, auch das Eisen war ihnen wahrscheinlich bekannt. Damit stimmt recht gut das natürliche Vorkommen der Erze in beiden Ländern überein, denn leicht verarbeitbare Eisenerze sind nicht selten, Kupfererze finden sich häufig, und Zinnerze kommen an mehreren Örtlichkeiten vor. Der Bergbaubetrieb war sowohl im heutigen Mexiko als auch in Peru zur Zeit der spanischen Eroberung sehr verbreitet und die Gewinnung und sorgfältige Bearbeitung der Bausteine, auch solcher von großen Abmessungen und bedeutender Härte, zu sehr hoher Vollkommenheit entwickelt, wie die großartigen, bis auf die Gegenwart erhaltenen Bauwerke uns lehren.

Von den im übrigen auf niedriger Kulturstufe stehenden Negervölkern Innerafrikas haben viele schon vor der Berührung mit Europäern schmiedbares Eisen dargestellt, während die Bronze im allgemeinen unbekannt war. Als ein Beispiel außerordentlich zurückgebliebener Entwickelung sind die Australneger anzuführen, die heute noch im Holz- und Steinzeitalter leben, denen die bei anderen Völkern schon zeitig entwickelte Töpferei und jede Metallverwendung unbekannt ist.



9. Meteoreisen von Toluca (Mexiko), angeschliffen und geätzt mit Widmanstädtschen Figuren.

Die Gründe, auf die sich Beck bei der Beantwortung der Frage, ob im allgemeinen das Eisen oder die Bronze frühzeitiger hergestellt wurde, stützt, sind namentlich die folgenden: Leicht verarbeitbare oxydische Eisenerze sind häufig und kommen in großen Mengen vor, sie lenken die Aufmerksamkeit durch braunrote Farbe (Braun- und Roteisenerz) z. T. auch durch starken Glanz (Glanzeisenerz) in gleichem Maße auf sich, wie die grün und blau gefärbten oxydischen Kupferverbindungen. Die geschwefelten Kupfererze dürften für die frühesten Zeiten der Kupferdarstellung nicht in Frage kommen, da das Ausschmelzen von Kupfer aus denselben schwierig ist. Schmiedbares Eisen wird schon bei der verhältnismäßig niedrigen Temperatur von 700 ° C. erhalten, das Kupfer dagegen erst bei der schon schwerer zu erreichenden Temperatur von 1100° C., so daß die Darstellung des ersteren sehr viel leichter war. Bei weitem die meisten alten Bronzen bestehen aus Kupfer und Zinn in bestimmtem Verhältnis, nämlich aus 90% Kupfer und 10% Zinn. Das einzige in größeren Mengen vorkommende Erz des letzteren Metalles, das Zinnerz, wird nur an wenigen Punkten der Erde gefunden. Den Alten sind wahrscheinlich die spanischen, englischen und ostindischen Zinnerzvorkommen bekannt gewesen, die des sächsischen Erzgebirges dagegen nicht. An allen diesen Orten kommen übrigens die Zinnerze außer auf primärer Lagerstätte auch in Seifen vor, ihre Gewinnung war daher einfach. Aus hüttenmännischen Gründen muß angenommen werden, daß die Bronzedarstellung durch Zusammenschmelzen von metallischem Kupfer und metallischem Zinn stattfand, nicht durch gleichzeitiges Verschmelzen gemischter Kupfer- und Zinnerze, wie das wohl früher angenommen worden ist; die Bronzedarstellung setzt also ein viel umständlicheres und durchgebildeteres Verfahren voraus als die Eisendarstellung, nämlich zunächst das Ausschmelzen der beiden Metalle Kupfer und Zinn und dann das Zusammenschmelzen

derselben. Dafür, daß metallisches Zinn in der früh-geschichtlichen Zeit bekannt war, haben wir in Gräberfunden Belege, es finden sich als Beigaben, wenngleich als Seltenheit, kleine Zinnbarren, und zerbrochene Bronzegegenstände sind mittels Zinn gelötet, auch ist das Ausschmelzen des metallischen Zinnes aus dem Zinnerze eine sehr einfache hüttenmännische Arbeit. Ferner ergibt sich aus der örtlichen Beschränktheit des Vorkommens des Zinnerzes, daß das Zinn oder die Zinnbronze selbst in die meisten Länder nur durch den Handelsverkehr gelangt sein kann.

Das Kupfer mußte bekannt sein, ehe an die Bronzedarstellung gegangen werden konnte; daher ist es nicht unwahrscheinlich, daß der Bronzezeit eine Kupferzeit vorherging. Auch archäologische Funde geben hierfür die Bestätigung, wenngleich es nahe liegt, anzunehmen, daß die vorhandenen Kupfergeräte nach Erfindung der Bronzedarstellung zu Bronze umgearbeitet wurden, sind doch Werkzeuge aus letzterer durch die goldähnliche Farbe schöner als das leicht oxydierbare Kupfer und wegen der größeren Härte auch zweckmäßiger.

Wenn nun trotzdem Funde von Eisenwerkzeugen erheblich seltener sind als Bronzefunde, so erklärt sich dies zur Genüge dadurch, daß die Erhaltung des Eisens viel günstigere Bedingungen erfordert, als diejenige des Kupfers und der Bronze. Während Eisen bei Zutritt von Luft und Feuchtigkeit durch Rost leicht völlig zerstört wird, leisten Kupfer und Bronze diesen Einwirkungen viel besser Widerstand.

Es mögen hier kurz die ältesten bekannten Funde von Eisen und Eisengeräten angeführt werden. Beim Lossprengen einiger Steinlagen von der großen Pyramide des Cheops wurde in einer inneren Mörtelfuge im Jahre 1837 das Bruchstück eines Eisenwerkzeuges gefunden, das jedenfalls beim Bau der Pyramide um 3000 v. Chr. dort zurückgelassen worden war. Ferner finden sich in den ausgedehnten Trümmerstätten Assyriens vielerlei eiserne Waffen z. B. Schwerter, Lanzenspitzen, Sturmhauben, Schuppen von Panzerhemden u. s. w. Die ganze Form dieser Gegenstände läßt auf eine vollständige Beherrschung der Schmiedekunst schließen. Besonders bemerkenswert dürfte es erscheinen, daß im Jahre 1867 bei Ausgrabungen in den Ruinen von Ninive (gegründet 1250 v. Chr., zerstört 606 v. Ch.) große Vorräte von Eisen in Form roher, an einem Ende durchlochter Eisenklumpen und zwar jeder im Gewicht von 4—20 kg gefunden worden sind, an einer Stelle im ganzen etwa 160000 kg. Es dürfte dieses ein Vorrat für Bau- und Kriegszwecke gewesen sein. Die Durchlochung der Stücke scheint darauf hinzuweisen, daß dieselben wohl auf Lasttieren aus großer Entfernung herbeigeschafft worden waren.

Was übrigens die ältesten uns bekannten Erwähnungen des Eisens in der Litteratur betrifft, so ist daran zu erinnern, daß im ersten Buch Moses Tubalkain genannt wird, ein Meister in allerlei Erz und Eisenwaren. Nach der jüdischen Zeitrechnung dürfte dieser sagenhafte erste Schmied um das Jahr 3000 v. Chr. gelebt haben. Auch die Überlieferungen der Chinesen, jenes alten ostasiatischen Kulturvolkes, berichten, daß die Herstellung des Eisens etwa um das Jahr 3000 v. Chr. stattgefunden hat. Es dürfte hieraus hervorgehen, daß die Kenntnis der Eisendarstellung viel weiter zurückreicht, als im allgemeinen angenommen wird. Von den Ägyptern wissen wir beispielsweise, daß uralte Eisenerzgruben im östlichen Teile des Landes zwischen dem Nil und dem Roten Meer, andere auf der Sinaihalbinsel gelegen haben und daß auch in Äthiopien das Eisen häufig war.

Die weite Verbreitung und mannigfaltige Verwendung der Bronze erklärt sich noch daraus, daß im Altertum das Gießen des Eisens und Kupfers nicht bekannt war, dagegen wurde — und hierin liegt ein weiterer wesentlicher Kulturfortschritt — Bronze vielfach in Formen aus Stein, die uns an vielen Orten erhalten geblieben sind, gegossen. Der Zinnzusatz macht das Kupfer nicht nur leichtflüssiger, sondern, was für die Verwendung zu Werkzeugen wichtig ist, auch härter. Bronze mit geringem Zinnzusatz ist in kaltem Zustande leicht zu bearbeiten, während die üblichste Mischung von 90 % Kupfer und 10 % Zinn sich erst in der Rotglut schmieden läßt. Für feinere Gußstücke, an denen durch Nacharbeit mittels Feilen, Schleifen und Gravieren die Form veredelt werden sollte, finden wir nicht selten eine Bronzemischung mit 15—25 % Zinn und einigen Prozenten



10. **Bearbeitung des Granits in altägyptischer Zeit.**
Granitblock mit Steinlöchern in einem Steinbruche bei Assuan.



11. **Bearbeitung des Sandsteins in altägyptischer Zeit.**
Steinbrüche von Selsileh.

Abb. 10 u. 11 nach Originalaufnahmen des Dr. A. Stübel.

Blei in Anwendung, letzteres macht die Legierung leichtflüssiger und weicher. Übrigens darf die Bedeutung des Handels schon lange vor Begründung der römischen Weltherrschaft nicht unterschätzt werden, und nur daraus, daß die Bronze ein vielbegehrter Gegenstand des Tauschverkehrs war, läßt sich die gleichmäßige Zusammensetzung der meisten antiken Bronzen, die wir von England durch ganz Europa und Vorderasien bis nach Persien hinein vorfinden, zufriedenstellend erklären. Auf einen regen Verkehr bei Beginn der geschichtlichen Zeit weist auch die weite Verbreitung des baltischen Bernsteins (von den Griechen Elektron genannt) hin, der jedenfalls am Ostseestrande aufgelesen und gegen Bronzeschmuck, Glasperlen u. dgl. eingetauscht wurde.

Wenn wir aus der ältesten Zeit stammende Bronzen finden, in denen außer Kupfer, Zinn und Blei noch andere Stoffe und zwar Zink, Arsen und Antimon zuweilen in größeren Mengen und Eisen, Nickel und Silber in untergeordnetem Maße enthalten sind, so dürfte wohl anzunehmen sein, daß diese Stoffe nicht absichtlich zugesetzt wurden, sondern durch Unreinheit der Erze und Unvollkommenheit des Schmelzverfahrens in das Kupfer gelangten, wie denn auch heute noch das beim Rohschmelzen erhaltene Kupfer in der Regel durch die Beimischung anderer Metalle verunreinigt ist. Auch hat sicher das wiederholte Ein- und Umschmelzen von Bronzegegenständen zu der Mannigfaltigkeit dieser Zusammensetzung in vielen Fällen beigetragen. Bronzen, welche außer Kupfer nur Zink enthalten, also unserem heutigen Messing entsprechen, sind (wie die römischen Münzen des zweiten Jahrhunderts n. Ch. Geburt) erheblich jünger als die Zinnbronzen. Da metallisches Zink im Altertum nur in äußerst seltenen Fällen nachgewiesen ist, so dürfte die Herstellung dieser Bronzen durch gemeinsames Erhitzen von Kupfer und Galmei (kohlensaures Zinkoxyd) unter Beifügung von Holzkohle als Reduktionsmittel erfolgt sein. Die Zinkblendelagerstätten sind häufig an der Oberfläche in Galmei umgewandelt, so finden sich z. B. in Asturien, auf Sardinien, in den Alpenländern (Raibl und Bleiberg in Kärnten) und am Niederrhein an mehreren Orten ausgedehnte Ablagerungen dieses Zinkerzes.

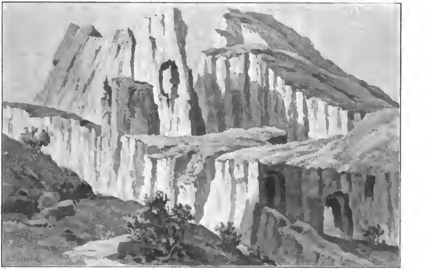
Der Bergbau im Altertum.

Fragen wir nun nach dem Umfange des Bergbaues in der ersten geschichtlichen Zeit, so sind die Nachrichten, die auf uns gekommen sind, äußerst spärliche. In der Hauptsache sind es römische Schriftsteller, die einzelne Bergbaubetriebe gelegentlich beschreiben. Denn wenn auch dem Bergbau von den Staatsregierungen wegen des hohen Wertes der erzeugten Metalle besondere Beachtung geschenkt wurde, so kann es uns nicht wunder nehmen, daß ihm von der Allgemeinheit kein großes Interesse entgegengebracht wurde, denn die Technik war ja das Stiefkind des Altertums, die Arbeit in den Bergwerken wurde von den unterjochten Völkern als Sklaven betrieben, sie war des freien Mannes unwürdig. Auch war die technische Seite nur wenig entwickelt, es war nicht viel Bemerkenswertes zu erzählen; zudem waren die Berichterstatter nicht Sachverständige, sondern gebildete Laien und schilderten das Gesehene von diesem Standpunkte aus.

Verbinden wir mit dem aus der römischen Litteratur Geschöpften dasjenige, was uns die archäologische Forschung lehrt, so können wir über den Bergbau, den Steinbruchbetrieb und damit zusammenhängend über größere Gesteinsarbeiten zur Zeit der alten Kulturvölker etwa das Folgende berichten. Die alten Ägypter waren schon frühzeitig in der Gesteinsbearbeitung geübt, wie uns die großen Bauten, die auf uns gekommen sind, vor allem die Pyramiden lehren, auch die Herstellung der Obelisken, jener Steinsäulen von ungewöhnlich großen Abmessungen, konnte nur durch eine hoch entwickelte Technik des Steinbruchbetriebes erfolgen. Die eigenartigen klimatischen Verhältnisse Ägyptens haben uns Steinbrüche aus der ältesten Zeit in so vorzüglicher Weise erhalten, daß wir jetzt noch die Art der Arbeit ja die Einzelheiten der Werkzeugführung zu erkennen vermögen. Die beiden hier beigefügten Abb. 10 u. 11 geben ausgezeichnete Beispiele. Die Trennung größerer Werkstücke aus dem ganzen Gestein erfolgte durch Einhauen schlitzartiger Vertiefungen an der Rückseite und den Enden des Blockes, worauf derselbe dann durch Eintreiben von Keilen an der Unterseite losgelöst wurde. Größere Quader wurden

durch Reihen von Keilen in kleine Stücke zerlegt, genau in derselben Weise, wie unsere Steinbrecher heute noch verfahren.

Auch in anderen Gesteinsarbeiten waren die alten Ägypter Meister, wie uns z. B. der heute noch erhaltene ganz im festen Felsen bis zu einer Tiefe von 90 m gearbeitete Josephsbrunnen in Kairo lehrt. Er zerfällt in zwei Schächte, von denen der obere 50 m, der untere 40 m Tiefe hat, zwischen beiden liegt eine Göpelkammer und ein Wasserbehälter, bis hierher führt ein geneigter den Brunnenschacht spiralförmig umgebender Gang abwärts, durch welchen die Tiere für den Göpelbetrieb in die Kammer und wieder hinaus gelangten. Mittels eines Becherwerkes, das aus Stricken und thönernen Gefäßen bestand, wurde das Wasser zunächst durch den ersten Schacht in den Behälter und dann durch ein zweites Becherwerk bis zur Oberfläche gehoben. Die Archäologen sind der Ansicht, daß dieser Brunnen etwa 3500 Jahre alt sei.



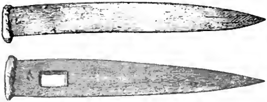
12. Die Römer-Abbaue zu Verespatak. (Zu S. 15.)

Aus diesen Gesteinsarbeiten dürfen wir mit voller Sicherheit entnehmen, daß den alten Ägyptern das Eindringen in den festen Felsen zum Zweck der Gewinnung von Metallen recht wohl möglich war, und es fehlt auch nicht an Belegen, die dies bestätigen. In Nubien (Nub bedeutet so viel wie Gold) trieben die Ägypter Goldbergbau, der uns von Diodor ausführlich beschrieben wird, ja es ist sogar ein Plan dieser alten Arbeiten bis auf unsere Zeit erhalten geblieben; auch der altägyptische Kupferbergbau im Thale Meghara auf der Sinaihalbinsel gibt uns von der damaligen Bergbauthätigkeit Kunde.

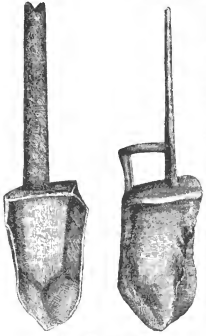
Der sagenhafte Zug des Thessaliers **Jason** mit den Argonauten in das Land **Kolchis** am fernen Gestade des Schwarzen Meeres und die Erwerbung des **goldenen Vließes** aus dem Besitz des Königs Aetes läßt uns schließen, daß schon zu den Griechen der vorhomerischen Zeit die Kunde von der Bearbeitung reicher Goldseifen in jenen Gegenden gelangt war. Die Einwohner bedienten sich hierbei wolliger Schaffelle, in denen sich bei dem einfachen Waschprozesse die schweren Goldteilchen fingen, während die gerundeten Sandkörnchen vom Wasser darüber hinweg geführt wurden. Im alten geschichtlichen Griechenland sind namentlich die Bergwerke der Athener zu **Laurium** bekannt, aus denen silberhaltiges Blei gewonnen wurde. Übrigens ist es nicht unwahr-

scheinlich, daß die Kriegszüge der in der Metallbearbeitung geübten Perser die Entwickelung des Bergbaues auf der Balkanhalbinsel beförderten.

Über den Bergbau Asiens in der Zeit v. Chr. Geburt haben wir so gut wie keine Nachrichten, sind uns doch auch heute noch viele seiner ausgedehnten Ländergebiete fast unbekannt. Nur aus einzelnen Funden können wir schließen, daß die hüttenmännische Darstellung der Metalle dort schon in frühester Zeit auf sehr hoher Stufe stand, ja einzelne Denkmäler erregen unser Erstaunen in so hohem Maße, daß wir uns deren Herstellung kaum zu erklären vermögen. So befindet sich in Delhi, welches im Wandel der Jahrtausende die Hauptstadt vieler indischer Reiche gewesen ist, eine aus einem einzigen Schmiedestück bestehende massive eiserne Säule. Sie ist mit Sanskrit-Inschriften bedeckt und hat eine Länge von 16 m, bei einem Durchmesser von etwa 0,4 m, das Gewicht dürfte etwa 17000 kg betragen. Eiserne Träger von mehr als 6 m Länge finden sich in mehreren alten Tempeln. Und wenn auch die Ansichten über das Alter dieser Stücke weit auseinander gehen und neben 1000 Jahren v. Chr. Geburt auch die ersten Jahrhunderte der christlichen Zeitrechnung als mutmaßliche Zeit der Herstellung angegeben werden, immer bleibt es uns ein ungelöstes Rätsel, wie diese Eisenmassen mit den damaligen Mitteln in einem Stücke hergestellt werden konnten. — Auch die Anfertigung von Waffen aus Stahl reicht bei den Indern, Phöniciern und Arabern bis in das zweite Jahrtausend v. Chr. zurück.



13 u. 14. Eiserne Keilhaue, gefunden zu Villefranche.



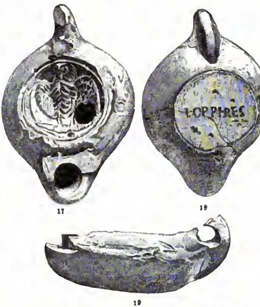
15 u. 16. Grubenlampe aus Blei, gefunden bei Villefranche.

Während die Karthager in Spanien Bergbau trieben, dürften die handeltreibenden Phönicier auf ihren sagenhaften Fahrten bis nach Großbritannien gelangt sein.

Ein Hauptsitz keltischer Kultur war das heutige Hallstatt, woselbst bereits mehrere Jahrhunderte v. Chr. Geburt das Salz bergmännisch gewonnen wurde. Die zahlreichen Funde, welche den Gräbern zu Hallstatt entnommen wurden, geben uns ein deutliches Bild über den Kulturzustand jener weit zurückliegenden Zeit. Das Schmieden der Bronze und die Herstellung getriebener Gefäße aus Bronzeblech wurde zuerst in künstlerisch vollendeter Ausführung an den umfänglichen Funden in Hallstatt beobachtet und dieser Entwickelungsstufe daher der Name der Hallstätter Zeit beigelegt. Die Spuren der ältesten bergmännischen Arbeiten sind längst verwischt durch die jahrtausendelang fortgesetzte Ausbeutung der Salzlagerstätte, die auch heute noch betrieben wird.

Das Erbe des größten Teiles dieser Völker traten nach und nach mit der Ausdehnung ihrer Weltherrschaft die Römer an, und überall da, wo sie für längere Zeit festen

Fuß faßten, finden wir die Spuren der römischen Provinzialkultur. Den Betrieb des Goldbergbaues im nordwestlichen Spanien schildert uns in einer für die damaligen Verhältnisse recht ausführlichen Weise Plinius; zur Zeit des Kaisers Augustus waren die Quecksilbergruben von Almaden in Spanien bereits in Betrieb, auch war den Römern bekannt, daß Quecksilber die Edelmetalle Gold und Silber löst und daß dieselben durch Glühen und Verflüchtigen des Quecksilbers wieder abgeschieden werden können. Das Eisen aus Noricum (heute Steiermark und Kärnten) hatte schon im Altertume Ruf; es ist auf das bestimmteste erwiesen, z. B. durch Münzfunde, die in verbrochenen Bauen zu Hüttenberg gemacht wurden, daß die Römer im 2. Jahrhundert unserer Zeitrechnung hier Bergbau betrieben, das Gleiche gilt von den Goldgruben zu Verespatak in der römischen Provinz Dacien, dem heutigen Ungarn. Noch heute werden große Weitungsbaue dieser Gegend für Römerbaue erklärt (Abb. 12). Es sind dort mehrere Wachstafeln (Holztafeln mit Wachsüberzug) gefunden worden, deren Inschriften auf die Mitte des 2. Jahrhunderts n. Chr. Geburt hinweisen. Auch am Rhein und in Gallien sind die Spuren ausgedehnten römischen Bergbaubetriebes an vielen Orten erhalten. Die Gunst des Zufalles hat gerade dort manche Fundstücke vor der Zerstörung bewahrt. Auch eiserne Werkzeuge haben (Abb. 13 u. 14) dem Zahne der Zeit fast zwei Jahrtausende lang getrotzt. Abb. 15. u. 16 zeigt ein interessantes Gefäß aus Blei, das wahrscheinlich als Lampe gedient hat und Abb. 17—19 eine thönerne Lampe, auf der oberen Seite durch eine Eule verziert, auf der unteren mit abgekürzter lateinischer Inschrift, die mutmaßlich auf den Verfertiger hinweist. (M. Danbrée, Aperçu historique sur l'exploitation des mines métalliques dans la Gaule. Paris 1881.)



17—19. Römische thönerne Grubenlampe, gefunden bei Villefranche.
17 Ansicht von oben, 18 von unten, 19 von der Seite.

Daß auch die Römer sehr umfängliche Gesteinsarbeiten nicht scheuten und mit den verfügbaren technischen Mitteln ausführen konnten, zeigt wohl am besten die Anlage des 6000 m langen Entwässerungsstollens vom Thal des Flusses Liri, eines Zuflusses des Garigliano, bis zum Fuciner See, welcher in der Zeit des Kaisers Claudius, der 41—54 n. Chr. Geburt regierte, hergestellt wurde.

Der Fuciner See, östlich von der Stadt Rom in den Abruzzen gelegen, bedeckte eine Fläche von 15000 ha, war also erheblich größer als der Starnberger See. Da er keinen unmittelbaren Abfluß hatte, so wurden in nassen Jahren seine fruchtbaren Ufer weithin überflutet und die dort gelegenen Ortschaften vernichtet. Diesem oft gefühlten Übelstande sollte der Entwässerungsstollen abhelfen, zugleich den Seespiegel tiefer legen und dadurch die anbaufähige Landfläche vergrößern. Der römische Schriftsteller Suetonius berichtet uns über die Ausführung des Werkes: Es waren 11 Jahre lang 30000 Arbeiter daran

beschäftigt; um die Anzahl der Arbeitspunkte zu vermehren, wurden in der Richtung des Stollens 40 senkrechte Schächte von 80—120 m größter Tiefe und eine noch größere Anzahl flacher Schächte von 16—20° Neigung bis auf die Stollensohle niedergebracht und von jedem derselben aus die Herstellung des Stollens in Angriff genommen. Zwar war die Regelmäßigkeit des Baues, der mit 3 m lichter Höhe und 1,8 m Weite ausgeführt wurde, keine sehr große, aber das Werk gelang und die Anwohner des Sees waren jahrhundertelang vor Überschwemmungen geschützt. Dann aber verfiel der großartige Bau, da die Sicherung desselben gegen Einstürze des Gesteins nicht genügend gewesen war; erst in den Jahren 1862—75 wurde der Stollen in großartiger Weise wiederhergestellt, wobei die alten römischen Arbeiten zum Teil freigelegt wurden.

Es ist aus den angeführten Beispielen zur Genüge ersichtlich, daß die Bearbeitung der Gesteine den alten Kulturvölkern keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bot, der mittlere jährliche Fortschritt der Grubenbaue kann in harten Gesteinen, wie aus mehrfachen Beispielen ersichtlich ist, zu 8—10 m angenommen werden. Wenn dem Bergbaubetriebe Hindernisse erwuchsen, so war es namentlich das beim Tieferwerden der Baue zufließende Wasser, dessen Beseitigung mit den damaligen einfachen Mitteln (Schöpfen in Gefäßen und Paternosterwerke) oft zur Unmöglichkeit wurde und so dem weiteren Eindringen des Bergbaues in die Tiefe ein Ziel setzte. — Über die Anfänge der Erzaufbereitung finden wir zwar bei römischen Schriftstellern kurze Andeutungen, aus denen hervorgeht, daß außer dem schon seit den ältesten Zeiten geübten Auslesen der Erze und dem Trennen derselben von dem Gestein durch Ausschlagen, auch zuweilen arme Erze in Mörsern zerstoßen, dann auf steinernen Handmühlen gemahlen und durch Schlämmen mit Wasser angereichert wurden. In allgemeiner Anwendung stand jedoch dieses Verfahren nicht, und als weiterer Behinderungsgrund für die Entwickelung eines nach Regeln geführten Bergbaubetriebes muß es angesehen werden, daß mit den damals bekannten Hilfsmitteln für das Schmelzen die armen Erze, welche bei weitem die größte Masse der Erzvorkommen bilden, nicht verwertet werden konnten.

Auch war nach dem heutigen Stande unserer Kenntnis nur eine kleine Anzahl von Metallen in häufigerer Verwendung: die Edelmetalle Gold und Silber, dann Kupfer, Schmiedeeisen und Stahl, Zinn, Bronze (Legierung von Kupfer und Zinn) und Messing (Legierung von Kupfer und Zink). Blei ist von den Römern in bedeutenden Mengen zu Rohren für Wasserleitungen verarbeitet worden, Reste finden sich z. B. in Pompeji, auch berichten hierüber die römischen Schriftsteller: Vitruv etwa im Jahre 30 v. Chr. in seinen 10 Büchern über die Architektur und Frontin in seinem umfangreichen um das Jahr 100 n. Chr. geschriebenen Werke „De aquaeductibus urbis Romae“ (Über die Wasserleitungen der Stadt Rom). Quecksilber war bekannt, dürfte jedoch nur in beschränktem Maße verwendet worden sein, noch seltener haben Zink und Antimon als Metalle Benutzung gefunden.

Der Bergbau im Mittelalter.

Waren die ersten beiden Jahrhunderte unserer Zeitrechnung im allgemeinen für die Provinzen des römischen Weltreiches eine Zeit ruhiger Entwickelung, so konnte der Verfall der römischen Weltherrschaft, der sich im 3. und 4. Jahrhundert vorbereitete und durch die Völkerwanderung besiegelt wurde, nur hemmend einwirken. So zerstörte die Eroberung Spaniens zuerst durch die Goten und später durch die neu erstandene Macht des Mohammedanismus zunächst die unter römischer Herrschaft erblühte Kultur.

Erst als im Laufe der Jahrhunderte die Reiche des Nordens sich innerlich festigten und durch das Erstarken des deutschen Kaisertums ein neuer weltgeschichtlicher Schwerpunkt entsteht, wird die hohe Bedeutung des Bergbaubetriebes wieder voll gewürdigt. Zahlreiche Urkunden, enthaltend Gewährung von Rechten, Belehnungen und Verordnungen, die den Bergbau betreffen, geben Zeugnis davon. War doch der Bergbau außer dem Handel eines der beachtenswertesten Mittel, um Reichtum und dadurch Macht zu erringen.

Dem Rahmen, den wir uns gesteckt haben, vor allem den deutschen Bergbau dem Leser vorzuführen, entspricht es, wenn wir im folgenden namentlich Deutschland im

Auge behalten und die von außerhalb einwirkenden Einflüsse nur insofern berücksichtigen, als sie auf den deutschen Bergbau von tiefer greifendem Einflusse waren.

Von den Thälern der nördlichen Alpen und von Ungarn und Siebenbürgen (den römischen Provinzen Transsylvanien und Dacien) aus verbreitete sich der Bergbaubetrieb zunächst nach dem an Edelmetallen reichen **Böhmen**. Es gab Zeiten, in denen sich hier die gesamte Bevölkerung in solchem Maße dem Edelmetallbergbau zuwendete, daß die Feldbestellung unterblieb und Hungersnot ausbrach; durch Maßnahmen der Obrigkeit mußten die Ackerbauer gezwungen werden, wieder zum Pfluge zurückzukehren. Am Rhein und seinen Nebenflüssen dürften die von den Römern begonnenen Bergbaue auf Blei, Kupfer, Eisen und Galmei, wenn auch mit Unterbrechungen, weiter betrieben worden sein. Einzelne von diesen uralten Gruben haben bis in die Neuzeit Ruf und Namen behalten, so der Bleibergbau in der Gegend von **Commern** und **Mechernich**, der Galmeibergbau am **Altenberge** bei Aachen (mons calaminaris der Römer) und andere mehr. Von den ältesten Stätten der Kultur im Süden und Westen aus hat ein allmähliches Vorrücken nach Norden und Osten zu stattgefunden. So wird z. B. (v. Festenberg-Packisch, Der deutsche Bergbau, Berlin 1886) im Jahre 833 die Verleihung des Rechtes der Salzgewinnung durch Kaiser Ludwig den Frommen an das Kloster **Corvey** — beim heutigen **Höxter** an der Weser — ausdrücklich erwähnt, um das Jahr 800 dürfte die Salzgewinnung in **Halle an der Saale** begonnen haben, 893 wird die Salzgewinnung zu **Dieuze** in Lothringen erwähnt, 908 ist der schon durch die Kelten in vorrömischer Zeit begonnene Salzbergbau im heutigen österreichischen **Salzkammergute** und der Goldbergbau in den **Tauern** in Betrieb. Etwa um 930 wird die Erzlagerstätte am **Rammelsberg bei Goslar** entdeckt und in Betrieb genommen; der Beginn des **Oberharzer Bergbaues** wird von einigen Geschichtschreibern in dieselbe Zeit gelegt, sicher ist, daß derselbe erst gegen Ende des 12. Jahrhunderts zu größerer Bedeutung gelangte. Im 11. Jahrhundert blühte der Silberbergbau im **Schwarzwalde**; der Zinnbergbau am Südabhange des sächsischen Erzgebirges bei **Graupen** war seit der Mitte des 12. Jahrhunderts in Betrieb, der Beginn des **Freiberger Silberbergbaues** wird gewöhnlich um das Jahr 1170 angenommen, zu welcher Zeit auch die **schlesische Goldausbeute** beachtlich war. Außerdem wurde in einer größeren Zahl deutscher Flüsse, in der **Donau**, im **Rhein**, in der **Schwarza** in Thüringen umfängliche Goldwäscherei betrieben. Über die Anfänge des **Mansfelder Kupferschieferbergbaues** haben wir bestimmte Nachrichten am Beginn des 13. Jahrhunderts. Der früheste **Steinkohlenbergbau** dürfte mindestens bis zum Anfange des 12. Jahrhunderts zurückreichen; so wird der Steinkohlenabbau der ehemaligen Abtei Klosterrath im jetzigen **Wurm-Revier** bereits 1113 erwähnt, und bei **Lüttich** hat der Steinkohlenbergbau im Jahre 1198 begonnen.

Im Vergleich zu dieser ganz wesentlichen geographischen Ausbreitung des Bergbaues ist die Vervollkommnung der Betriebsmittel sehr unbedeutend. Wenn der Bergbaubetrieb einerseits durch den im Vergleich zu den Lebensmitteln und sonstigen Bedürfnissen hohen Wert der Metalle begünstigt wurde, so hemmten anderseits viele Umstände die Entwickelung: die oft eintretende Unsicherheit aller Verhältnisse, die Schwerfälligkeit des Verkehrs auf weitere Entfernungen, die schon im Altertume empfundene Schwierigkeit der Wasserhebung, die Seltenheit edler Erzmittel in Verbindung mit der Unmöglichkeit der technischen Verwendung armer Erze. Auch der langsame Fortschritt der Gesteinsarbeiten, für die während des ganzen Mittelalters, ja noch bis ins 17. Jahrhundert immer nur die Schlegel- und Eisenarbeit (das ist die bergmännische Ausführung der Arbeit mit Hammer und Steinmeißel) und das Feuersetzen in Anwendung standen, blieb derselbe wie im Altertume. Ferner ist zu beachten, daß ein Austausch der Erfahrungen sowohl auf berg- als auch auf hüttenmännischem Gebiete zwischen den einzelnen Revieren naturgemäß nur selten stattfand und auch hierdurch die Fortentwickelung eine langsame war.

Wenn auch die große Bedeutung der Gußeisendarstellung erst in späterer Zeit deutlich hervortritt, so reicht doch der Eisenguß bis in die Mitte des 15. Jahrhunderts zurück,

und zwar werden als die ersten Erzeugnisse genannt Kugeln für Kriegszwecke und große Ofenplatten zum Teil mit bildlichen Darstellungen.

Die Sammlung bergrechtlicher Grundsätze auf deutsch-österreichischem Gebiete reicht bis in das 13. Jahrhundert zurück. Damals entstanden die Schemnitzer Bergordnung, das Bergrecht von Iglau in Mähren, die Kuttenberger Bergordnung, das Freiberger Bergrecht. Aus diesen Rechtsgewohnheiten von nur örtlicher Bedeutung, auf denen der Spruch der alten Bergschöppen fußte, hat sich allmählich das Bergrecht der Gegenwart entwickelt.

Der Übergang zur Neuzeit.

Von den großen Umwälzungen, welche alle Gebiete in der zweiten Hälfte und gegen das Ende des 15. Jahrhunderts betrafen, wurden naturgemäß auch Bergbau und Hüttenwesen berührt.

Die Entdeckung Amerikas 1493 durch Christoph Kolumbus und des Seeweges nach Ostindien 1498 durch Vasco de Gama ließ sehr bedeutende Mengen von Edelmetallen nach Europa strömen, infolgedessen sank ihr Wert im Vergleich zu den sonstigen Preisen erheblich, und es brach namentlich für den europäischen Silberbergbau eine schwierige Zeit an.

Es sei hier daran erinnert, daß in Mitteleuropa außer den schon S. 17 genannten Bergbauen infolge des damals sehr regen Unternehmungsgeistes viele andere jetzt verlassene in hoher Blüte standen. So wissen wir, daß der Bergbau bei Sterzing am Schneeberg in Tirol im Jahre 1486 1000 Mann Belegschaft hatte, die prächtigen Grabdenkmäler der alten Bergherren in der Sterzinger Kirche geben noch heute einen Beweis für den damaligen Wohlstand. Der Bergbau zu Markirch im Elsaß hatte in den Jahren 1528—1550 eine Produktion von 8 Millionen Reichsmark Silber. Die Gruben der Fugger am Röhrerbühl bei Kitzbühl in Tirol erreichten in den 57 Jahren von 1540—1597 eine Teufe von 880 m. Zu Kuttenberg in Böhmen ist der Bergbau im Anfange des 16. Jahrhunderts bis zu 600 m Tiefe eingedrungen.

Das Sinken der Silberpreise brachte diesen Bergbauen schwere Schädigung, auf der anderen Seite ist aber das 16. Jahrhundert eine Zeit erheblicher technischer Fortschritte. 1570 wurden die Naßpochwerke und das Anreichern der armen Erze durch Schlämmen erfunden, bald darauf die Setzarbeit eingeführt und dadurch die Aufbereitung und die sehr wichtige Nutzbarmachung armer Erze um einen sehr wesentlichen Schritt gefördert. Die Einführung des Pferdegöpels statt des Handhaspels für die Schachtförderung und der Bau der Kunstgezeuge (1560) zur Hebung der Grubenwasser erleichterten den Betrieb ganz erheblich, denn sie ersetzten zum Teil die schon teuer werdende menschliche Arbeitskraft. Auch die in Amerika um das Jahr 1550 ausgebildete Amalgamation — d. h. das Ausziehen des Silbers aus Erzen mittels Quecksilber — trug viel dazu bei, um den bergmännischen Abbau armer Erze lohnend zu gestalten.

Die Erfindung der Buchdruckerkunst (1436 durch Gutenberg) wirkte für die damalige Zeit verhältnismäßig schnell auch auf den Bergbau, denn nachdem bereits im Jahre 1530 des G. Agricola kleineres Werk „Bermannus sive de re metallica“ zu Basel erschienen war, folgte demselben schon 1556 in lateinischer Sprache das größere und grundlegende Werk desselben Schriftstellers „De re metallica libri XII“, das schon im folgenden Jahre 1557 von Th. Becchius deutsch unter dem Titel „Vom Bergwerk zwölf Bücher“ herausgegeben wurde; es ist reich illustriert und umfaßt das gesamte bergmännische Wissen damaliger Zeit. Damit ist der Anfang gemacht, um die für den Bergbaubetrieb nötigen Kenntnisse, die bis dahin nur mündlich von Geschlecht zu Geschlecht überliefert wurden, zum Gemeingute zu machen. Es dauerte auch nicht lange, bis andere ähnliche Werke erschienen und dadurch der Austausch von Erfahrungen immer lebhafter wurde.

Der Aufschwung des Bergbaues im 16. Jahrhundert wurde dann in Mitteleuropa jäh abgebrochen durch den Dreißigjährigen Krieg (1618—48), der Ordnung und Sicherheit in Frage stellte, den Wohlstand vernichtete und dem Gewerbe schwere Wunden schlug. Da war es in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts die Einführung der Spreng-

arbeit, welche als einer der wesentlichsten Fortschritte der bergmännischen Technik überhaupt dazu beitrug, eine neue Blütezeit anzubahnen.

Wie bereits früher erwähnt, gab es seit den ältesten Zeiten für die Bearbeitung der harten Gesteine keine anderen Hilfsmittel als Schlegel und Eisen und das Feuersetzen, der Fortschritt der Arbeit konnte hierbei nur ein geringer sein. Da wurden mit dem Schwarzpulver, welches schon in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts zum Schießen aus Geschützen gebraucht wurde, um das Jahr 1613 und zwar wahrscheinlich in mehreren Bergrevieren (Freiberg, Oberharz, Tirol, Ungarn) angenähert um dieselbe Zeit Versuche zum Sprengen des Gesteins gemacht; es fehlte jedoch zunächst an einem sicheren Verschlusse der Bohrlochmündung (an einem Besatze, wie der Bergmann sagt). Dieser wurde erst im Jahre 1687 in dem Lettenbesatze gefunden, die allgemeinere Einführung der Sprengarbeit beim Bergbaubetriebe ermöglicht und damit eine ganz erhebliche Beschleunigung und Verbilligung der Gesteinsarbeit erreicht.

Mit dem 18. Jahrhundert beginnt dann in Deutschland der Steinkohlenbergbau, welcher bis dahin wegen des Waldreichtums und des verhältnismäßig geringen Brennstoffbedarfs nur eine untergeordnete Rolle gespielt hatte, sich mehr und mehr zu entwickeln. Es waren außer den bereits weiter oben erwähnten und erheblich älteren Betrieben im Wurmrevier und bei Lüttich um 1750 die Kohlenbrüche am Ausstrich der Flöze und Stollenbetriebe, im Ruhrgebiete, in Saarbrücken und im Plauenschen Grunde, welche die schwarzen Diamanten in größeren Mengen zu Tage förderten, um billigeren Brennstoff für die Industrie zu beschaffen. Erheblich vermehrt wurde der Kohlenbedarf zunächst in Großbritannien, bald jedoch auch in ganz Mitteleuropa, nachdem im Jahre 1764 Watt die Dampfmaschine vervollkommnet hatte und dieselbe dadurch bald weite Verbreitung fand. Aber mit ihr erstarkte auch für den technischen Betrieb dem Bergbau eine gewaltige Hilfskraft, durch die in früher nicht geahnter Weise Menschenkraft und Wasserkraft ersetzt oder ergänzt wurden. Während in England bereits im Jahre 1768 die Dampfmaschine auf Bergwerken zur Wasserhebung Anwendung fand, wurde auf deutschem Boden die erste aus England bezogene Dampfmaschine — damals noch vielfach Feuermaschine genannt — im Jahre 1788 auf einer Kupferschiefergrube bei Hettstedt im Mansfeldschen zu gleichem Zwecke aufgestellt.

Eine Folge des allgemeinen Aufschwunges des Bergbaues im Anfange der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts, die außerordentlich befruchtend auf die weitere Ausbildung der Bergbautechnik wirkte, war die Begründung bergmännischer Lehranstalten und zwar Bergakademien für die Ausbildung der höheren Beamten, Bergschulen für die Unterweisung der Unterbeamten. Die ältesten Bergakademien sind diejenigen zu Freiberg in Sachsen (gegründet 1766), zu Schemnitz in Ungarn (gegründet 1770) und die Petersburger Akademie (gegründet 1773). Hierdurch werden Mittelpunkte geschaffen für die systematische Sammlung und Ordnung des für den Berg- und Hüttenmann nötigen Wissensstoffes, und es ist zur Genüge bekannt, wieviel die genannten und die später gegründeten Bergakademien (in Deutschland Clausthal, Berlin und eine Abteilung am Polytechnikum Aachen) zur Verbreitung und Vertiefung der bergmännischen Wissenschaften beigetragen haben.

Die letzten hundert Jahre haben mit ihren gewaltigen Fortschritten auf allen Gebieten dem Bergbau und Hüttenwesen so viele und mannigfaltige Hilfsmittel an die Hand gegeben, daß es nicht möglich ist, hier auch nur die wichtigsten herauszugreifen, sie sollen in dem zweiten Abschnitte, der den Bergbaubetrieb im allgemeinen behandelt, Erwähnung finden. Aber schon jetzt möchte dem Leser durch einige kurze Zusammenstellungen die derzeitige außerordentlich große Bedeutung des Bergbaues vor Augen geführt werden. Zunächst sei daran erinnert, daß die geographische Ausbreitung des Bergbaues im letzten halben Jahrhundert nicht nur mit der schnellen Erschließung weiter Gebiete durch geographische Entdeckung und durch die Ausnutzung der neuen Verkehrsmittel gleichen Schritt gehalten hat, sondern daß der Bergmann in sehr vielen Fällen, so im Westen Nordamerikas, in Australien, in Südafrika geradezu der Pionier der Kultur geworden ist. Auch entsprach der Bergbau immer wieder den stets wachsenden Bedürfnissen der modernen

Kultur, namentlich der Gewerbe für die Metallverarbeitung und der chemischen Industrie, er beschaffte stets gewaltigere Mengen der seit Jahrhunderten benutzten mineralischen Rohstoffe, entnahm dem Schoße der Erde neue, früher nicht gewürdigte Mineralstoffe und gab dadurch der Industrie immer wieder neue Anregungen. Es sei hier beispielsweise erinnert an die Petroleumgewinnung, an die Rohstoffe für die Aluminiumindustrie, an die mineralischen Düngstoffe, die Kalisalze und die Phosphate, an den kürzlich erst hervorgetretenen Bedarf der Beleuchtungsindustrie an Thorerde und die ihr verwandten seltenen Erden für das Glühlicht.

Die folgende zeitlich geordnete Zusammenstellung über die Erschließung neuer wichtiger Bergbaugebiete während der letzten 50 Jahre möge als weitere Erläuterung hierzu dienen. Im Jahre 1848 werden die kalifornischen Goldseifen entdeckt, und eine wahre Völkerwanderung ergießt sich in jene bis dahin nur wenig gekannten Gebiete des Westens der Vereinigten Staaten. Im Beginn der fünfziger Jahre fängt der australische Kontinent, von 1857 ab auch Neuseeland an, in der Reihe der goldproduzierenden Länder eine Rolle zu spielen. Im Jahre 1855 wird der Abbau der Kupferlagerstätten am Oberen See in den Vereinigten Staaten von Nordamerika eingeleitet, 1858 der reichste Erzgang der Welt, der Comstockgang in Nevada, in Betrieb genommen. In der kurzen Zeit bis etwa 1890 wurde auf demselben die bedeutende Tiefe von 1005 m erreicht, doch mußte dann der Betrieb zum größten Teile wegen der hohen Temperatur infolge Andringens heißer Quellen aufgegeben werden, nachdem dieser eine Gang in noch nicht 35 Jahren für mehr als 600 Mill. Mark Gold und für mehr als 800 Mill. Mark Silber geliefert hatte. Im Jahre 1859 wird bei Titusville in Pennsylvanien die erste reichlicher fließende Naphthaquelle erbohrt, und die nordamerikanische Petroleumindustrie entwickelt sich mit der Nordamerika eigenen Energie; die russische Naphthaindustrie erlangt erst von 1870 ab einige Bedeutung für den Weltmarkt und macht Baku am Kaspischen Meere zur hervorragenden Industriestadt.

Im Jahre 1861 beginnt in Deutschland und zwar auf dem königlich preußischen Steinsalzwerke zu Staßfurt der Abbau der Kalisalze, 1867 werden bei Kimberley in Südafrika die Diamantlagerstätten entdeckt, welche bis jetzt die hauptsächlichsten Produzenten dieses Edelsteins geblieben sind. Im Jahre 1870 wurden die Silbererzgänge von Caracoles in der Wüste Atacama erschlossen, die nach Domeyco in den Jahren 1871 bis 1876 jährlich rund 120 000 kg Silber lieferten. Im Anfange der siebziger Jahre beginnt die Zinnproduktion Australiens und Tasmaniens auf dem Weltmarkte fühlbar zu werden, nachdem schon seit 1852 neben dem altbekannten Banka auch Billiton (beides sind Inseln zu niederländisch Ostindien gehörig) bedeutende Mengen Zinn geliefert hatte. Im Jahre 1873 tritt der Mount Morgan in Queensland unter den Goldgruben auf, 1874 wurden die Nickel- und Kobalterzlager von Numea auf Neukaledonien in Betrieb genommen, 1876 werden die Silbergruben von Leadville in Colorado fündig, 1877 die Silber- und Kupfergruben zu Butte in Montana, Nordamerika, deren Kupfererzeugung bald diejenige der Gruben am Oberen See noch in den Schatten stellte. Das Jahr 1883 ist das erste Betriebsjahr der Silber- und Bleigruben zu Broken Hill in Neusüdwales, die zu Zeiten 3000 Arbeiter beschäftigten; 1885 wird durch den Bau der kanadischen Pacificbahn die größte bis jetzt bekannte Nickellagerstätte der Welt zu Sudbury erschlossen, 1888 beginnt der Goldbergbau zu Johannesburg in Transvaal, 1889 fängt die Welt an, sich für das neue Goldeldorado Coolgardie in Westaustralien zu begeistern, und schon im Jahre 1891 entstehen in Cripple Creek in Colorado und im Jahre 1896 am Yukonflusse im westlichen Kanada, hoch im Norden, neue Goldreviere.

Zu den genannten Namen ließe sich noch mancher andere hinzufügen, doch sie genügen, um die ungeahnt schnelle Ausbreitung des Bergbaues zu zeigen. Bald wird ein anderes fast jungfräuliches Bergbaurevier von ungeheurer Ausdehnung der Bearbeitung erschlossen werden, wenn die sibirische Bahn mit Beginn des neuen Jahrhunderts das nördliche Asien durchquert.

Die Werte, welche der Bergbau zur Zeit erzeugt, betragen auf der ganzen Erde jährlich mehrere Milliarden Mark. Welchen Beitrag hierzu die wichtigsten Rohstoffe liefern, zeigt die beigefügte Tabelle. Danach steht nicht, wie man vielleicht erwarten

sollte, das Gold in erster Linie, es nimmt nach der Höhe des Wertes der Jahreserzeugung erst die dritte Stelle ein und muß der Steinkohle und dem Eisen und Stahl den Vortritt einräumen. Die außerordentliche Bedeutung der zuletzt genannten Stoffe für die gesamte Kultur wird am besten durch diese Zahlen verdeutlicht. Wenn in der Zusammenstellung statt der Erze fast überall die Metalle angeführt sind, so mußte das geschehen, da für den Preis der Erze sich ein Mittelwert kaum feststellen läßt, die Gehalte sind zu schwankend; im übrigen wurden thunlichst die Preise an den Produktionsorten eingestellt. Dennoch werden die angeführten Zahlen immer nur auf ungefähre Richtigkeit Anspruch erheben dürfen.

Erzeugung von bergmännischen Produkten auf der ganzen Erde nach Gewicht und Wert im Jahre 1895.

	Gewichtseinheit	Gewicht	Wert in Mark
Gold	kg	306 133	813 775 000
Silber	"	5 652 000	497 400 000
Rohplatin	"	4 416	1 324 000
Eisen und Stahl	t	44 900 000	2 035 000 000
Blei	"	654 000	138 975 000
Kupfer	"	352 000	302 720 000
Zink	"	416 000	121 680 000
Zinn	"	77 400	97 000 000
Nickel	"	7 000	19 000 000
Quecksilber	"	3 709	14 836 000
Manganerze	"	525 000	18 375 000
Schwefel	"	390 000	21 450 000
Steinkohlen	"	578 200 000	5 300 000 000
Braunkohlen	"	45 000 000	99 000 000
Petroleum	"	12 000 000	360 000 000
Steinsalz einschließlich Sudsalz	"	9 655 000	158 000 000
Kalisalze	"	1 543 000	20 600 000
Summa	t	693 729 071	10 019 135 000

Bezüglich der beständigen Steigerung der Bergbauproduktion, ihres Wertes und der Anzahl der durch sie beschäftigten Arbeiter möge das Gebiet des Deutschen Reiches als Beispiel angeführt werden (vgl. die nachstehende Tabelle). Es ergibt dieselbe deutlich,

Erzeugung und Wert der Bergbauprodukte, Bergarbeiterzahl und Verhältnis derselben zur gesamten Bevölkerung im Gebiete des Deutschen Reiches, einschließlich Luxemburg nach dem „Statistischen Jahrbuch für das Deutsche Reich".

Art des Minerales	Mengen nach 1000 t				
	1860	1870	1880	1890	1895
Steinkohlen	12 348	26 398	46 974	70 238	79 169
Braunkohlen	4 383	7 605	12 145	19 053	24 788
Steinsalz	53	113	272	557	687
Sudsalz	257	306	450	492	525
Kalisalze	(beginnt erst 1861)	292	666	1 275	1 522
Verschiedene andere Salze	4	2	194	325	332
Eisenerze	1 401	3 839	7 239	11 406	12 350
Zinkerze	310	367	633	759	706
Bleierze	149	106	160	168	162
Kupfererze	93	207	481	596	633
Silber- und Golderze	34	25	21	21	11
Andere Erzeugnisse	83	137	202	248	265
Summa aller Erzeugnisse	19 115	39 398	69 435	105 139	121 152
Wert in 1000 Mark	136 599	256 807	404 087	767 430	749 182
Bevölkerung im Reichsgebiet (Millionen)	37,7	40,8	45,2	49,4	52,0
Zahl der Bergarbeiter (Tausende)	—	225	295	402	436

daß mit einziger Ausnahme des Silberbergbaues, der wegen des niedrigen Silberpreises zurückgegangen ist, alle Bergbauprodukte in immer größeren Mengen erzeugt wurden; am auffallendsten ist dies bei den Kohlen, deren Produktion sich in den letzten 35 Jahren versechsfachte, und bei den Eisenerzen, deren Erzeugung auf mehr als das achtfache stieg.

Es verdient auch betont zu werden, daß der Jahreswert der Bergbauproduktion Deutschlands sich in dem genannten Zeitraume auf mehr als den sechsfachen Betrag erhöhte und daß die Zahl der Bergarbeiter in den letzten 25 Jahren fast auf das doppelte stieg, d. h. ganz erheblich mehr als dem Anwachsen der Bevölkerung entsprechen würde. Möge auch fernerhin Deutschlands Bergbau weiter erstarken, blühen und gedeihen!

Der Bau unserer Erdrinde.

Der Boden, auf dem wir wandeln, die feste Erdrinde der Geologen, umschließt die Güter, welche durch den Bergbau gewonnen werden. Wir wollen daher zunächst auf den inneren Bau der Erde einen, wenn auch nur kurzen Blick werfen.

Astronomie und Geologie lehren uns, daß die Erdkugel vor undenklichen Zeiten als geschmolzene, feurig-flüssige Masse durch das Weltall schwebte, damals selbst eine glutstrahlende, leuchtende, allerdings im Vergleich zu anderen Weltkörpern nur kleine Sonne. Ungezählter Jahrtausende der Abkühlung bedurfte es, ehe sich an der Oberfläche nach und nach eine schlackige Kruste bilden konnte, die nur ganz allmählich stärker wurde und sich verfestete. Wie die Vorgänge auf der Sonne, dem Mittelpunkte unseres Planetensystems, und die Beobachtungen am Bau der Erdrinde mit Sicherheit folgern lassen, wurde diese Kruste häufig durch Ausbrüche von glühenden Gasen und geschmolzener Gesteinsmasse zerrissen und zerstückelt, zum Teil auch von neu gebildeten Gesteinen überdeckt. Sie wurden von dem Hervorbrechen aus dem Erdinnern eruptive Gesteine genannt. Erst als im Verlaufe weiterer langer Zeiträume die Abkühlung erheblich fortgeschritten war und die Bildung von Wasser in der Atmosphäre und auf der Erde in der Gestalt von Flüssen und Meeren möglich wurde, begann ein zweiter für die Gestaltung der Erdoberfläche und die Bildung neuer Gesteine äußerst wichtiger Vorgang. Es wurden nämlich die an der Oberfläche vorhandenen Gesteine zersetzt, die gebildeten Schuttmassen durch das Wasser fortgeführt und an anderer Stelle als geschichtete oder sedimentäre Gesteine abgelagert; sie füllten die Unebenheiten des Untergrundes aus und bildeten im allgemeinen wagerecht auch wenig geneigt liegende Decken oder Schichten. Außer dem Wasser hat auch der Wind, wenngleich in beschränktem Maße den Transport staubförmigen Materials vermittelt.

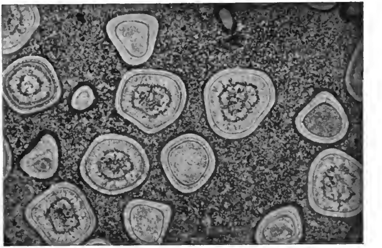
Eine besondere Stellung nehmen unter den geschichteten Gesteinen diejenigen ein, welche, wie z. B. das Steinsalz und der Gips, als kristallinische Niederschläge der im Wasser gelösten Stoffe zu betrachten sind. Sie werden im Gegensatz zu den mechanischen als chemische Sedimente bezeichnet.

Erst nach und nach erwachte auf der Erde das organische Leben, Tiere bevölkerten die Meere, die Flüsse und das Festland, Pflanzen gediehen im Wasser und auf der Erdoberfläche; dadurch war eine neue Möglichkeit der Gesteinsbildung gegeben, indem beim Absterben der Tier- und Pflanzenkörper unter besonderen hierfür günstigen Bedingungen die Reste sich massenhaft ansammeln und zur Vermehrung des Gesteinsmaterials beitragen konnten. So entstanden z. B. die Kohlen durch Anhäufung von Pflanzenresten, die Muschelbänke und Korallenriffe aus den Kalkschalen und Kalkbauten von Seetieren, die Guanoablagerungen der regenlosen Küsten der heißen Zone aus Exkrementen, Speiseresten, zum Teil Leichen von Meeresvögeln und Seehunden.

Fügen wir zu diesen wesentlichen drei Prozessen, dem Erstarren glutflüssig aus dem Erdinneren hervorbrechender Gesteinsmassen (eruptive Gesteine), der Zerstörung bereits vorhandener Gesteine und der Ablagerung ihrer Bestandteile an anderen Orten (sedimentäre oder geschichtete Gesteine) und der Gesteinsbildung durch Lebewesen (organogene Gesteine) noch hinzu, daß viele Gesteine nach ihrer Bildung erheblich verändert wurden, und bezeichnen wir solche Gesteine, an denen dies ganz besonders deutlich hervortritt, als umgewandelte oder metamorphische Gesteine (z. B. Gneis, Glimmerschiefer), so sind die

Hauptgesichtspunkte für eine übersichtliche Einteilung der Gesteine gegeben. Als neuestes Produkt der immer stärkeren Abkühlung des Erdkörpers muß die **Bildung von Eis** bezeichnet werden, das als Gletscher in den Hochgebirgen und als weithin sich erstreckende Decke an den Polen ganz wesentlich an der Oberflächengestaltung der Erde teilnimmt.

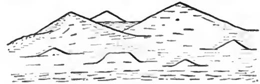
Im folgenden sollen die wichtigsten Gesteine kurz besprochen werden. Ihre genaue Kenntnis verdanken wir neben der chemischen Analyse dem Mikroskope. Flache Gesteinssplitter werden bis zur Durchsichtigkeit, etwa auf $^1/_{10}$ mm, dünn geschliffen, so daß unter dem Vergrößerungsglase der innere Bau bis in die Einzelheiten klar gelegt wird. Durch derartige Untersuchungen ist in den letzten Jahrzehnten der Einblick in die Mannigfaltigkeit der Gesteinszusammensetzung ganz erheblich erleichtert worden, und die Zahl der Gesteinsarten und -Unterarten hat sich in der geologischen Wissenschaft ständig vermehrt. Für den vorliegenden Zweck dürfte es genügen, nur die häufigsten und praktisch wichtigsten Gesteine zu nennen, die selteneren dagegen zu übergehen.



20. Konkretionen im Kugeldiorit (Napoleonit) von Corsica. ($^1/_3$ natürl. Größe.)

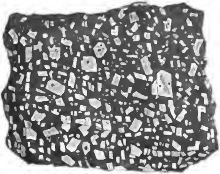
Die **eruptiven Gesteine** werden gewöhnlich in zwei große Gruppen geteilt: man nennt solche Gesteine, deren Material nahezu vollständig aus krystallisierten, aber regellos angeordneten Mineralien besteht, denen man es daher ziemlich auf den ersten Blick ansehen kann, aus welchen wesentlichen Gemengteilen sie bestehen, **plutonische Gesteine**, ihr Gefüge (Struktur) nennt man **körnig**, indem man je nach der Größe der Krystalle grob- und feinkörnige Abänderungen unterscheidet. Dicht nennt man Gesteine, bei denen die Kryställchen der einzelnen Mineralien so klein sind, daß sie mit bloßem Auge nicht erkennbar sind. Nicht selten beobachtet man in eruptiven Gesteinen eigenartige kugelige Absonderungen von Mineralmasse, **Konkretionen** genannt, die gewöhnlich härter und widerstandsfähiger sind, als die übrige Gesteinsmasse, und bei deren Verwitterung in Form von rundlichen Blöcken zurückbleiben. So entstehen die Felsenmeere in unseren Gebirgen. Ein Beispiel solcher Konkretionen im kleinen zeigt das unter dem Namen **Kugeldiorit** (Abb. 20) bekannte Gestein von Corsica, das zu Ehren des großen Corsen auch Napoleonit genannt wird. Was die Entstehung der plutonischen Gesteine betrifft, so lehrt jener Zweig der Geologie, welcher sich mit den Gesteinen im besonderen befaßt, die **Petrographie**, daß sie wahrscheinlich unter starker Bedeckung durch andere Gesteine, daher unter bedeutendem Druck und bei langsamer Abkühlung aus dem geschmolzenen Zu-

stande in den krystallinischen übergegangen sind; hierher gehören der Granit, Syenit, Diorit, Diabas und Gabbro. Diese Gesteine treten gewöhnlich in großen, unregelmäßig aber scharf begrenzten (stockförmigen) Massen auf, die sich bis in unerreichbare Tiefen erstrecken, zuweilen bilden sie auch die Ausfüllung von Spalten (gangförmiges Vorkommen) und haben in diesem Falle wegen der schnelleren Erkaltung feinkörniges Gefüge.



21.

Andere eruptive Gesteine zeigen in einer glasähnlich dichten Masse, deren Zusammensetzung das unbewaffnete Auge nicht zu enträtseln vermag, der Menge nach mehr oder weniger, krystallisierte Mineralien sogenannte Einsprenglinge; wir sind der Ansicht, daß diese Gesteine sich schneller abgekühlt haben als die der ersten Gruppe und wahrscheinlich im glutflüssigen Zustande durch Spalten oder Schlünde an die Oberfläche gelangten, sich hier zum Teil kuppenartig stauten oder deckenartig überflossen. Das böhmische Mittelgebirge mit den beiden Milleschauern, die Rhön, das Siebengebirge am rechten Ufer des Rhein, oberhalb Bonn sind ausgezeichnete Beispiele für das massenhafte Auftreten vulkanischer Gesteine in flachkegelförmigen Kuppen. Die Skizze Abb. 21 zeigt etwa den Charakter des Böhmischen Mittelgebirges in der Gegend von Teplitz, vom Kamme des Erzgebirges aus gesehen. Wir nennen diese Gesteine vulkanische Gesteine. Derartige Entstehung setzen wir voraus bei den Porphyren, Porphyriten, den Melaphyren, Phonolithen, Andesiten, Basalten u. s. w.; ihr Gefüge heißt porphyrartig, wenn das Auftreten von Einsprenglingen in einer Grundmasse zu beobachten ist (Abb. 22), anderenfalls dicht. Bei sehr schneller Erstarrung geschmolzener Massen scheiden sich erfahrungsgemäß gar keine mit dem bloßen Auge sichtbaren Krystalle aus, es entstehen die glasigen Gesteine, welche äußerst spröde sind und in ganz dünnen Splittern einen geringen Grad von Durchsichtigkeit erkennen lassen, wie z. B. die Pechsteine und Obsidiane. Sie zeigen oft in ausgezeichneter Weise den muscheligen Bruch (Abb. 23). Lava nennt man die von noch thätigen Vulkanen in glutflüssigem Zustande ausgestoßenen Gesteinsmassen, die aus dem Krater hervorbrechen und sich auf den Gehängen des Berges strom- oder deckenartig ausbreiten. Bei dem langsamen Abwärtsfließen der Lavaströme erstarrt die Oberfläche glasig, das darunter befindliche allmählich erkaltende Gestein pflegt durch Gasausscheidungen blasige Struktur anzunehmen. (Über Bimsstein vergl. den Abschnitt Steinbruchbetrieb.) Tritt dagegen glutflüssige Gesteinsmasse ins Wasser aus, z. B. auf den Meeresboden, so wird sie eigenartig zersetzt und zerstückelt; solche Gesteine nennt man Tuffe, sie gehen bei größerer Ausdehnung der Ablagerung zuweilen in langsamer und ohne Berührung mit dem Wasser erstarrte Massen über.



22. Porphyr mit Einsprenglingen.

Bei der großen Mannigfaltigkeit in der äußeren Erscheinung der eruptiven Gesteine und bei ihrer weiten Verbreitung sollte man meinen, daß eine bedeutende Zahl von Mineralien an ihrer Bildung beteiligt wäre. Das ist jedoch nicht der Fall, denn von den etwa 700 verschiedenen Mineralspezies, die man kennt, nehmen nur ungefähr

20 wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung der Eruptivgesteine, und weiter sind es merkwürdigerweise ganz wenige von den bekannt gewordenen chemischen Elementen, die in den Eruptivgesteinen vorherrschen, während die meisten anderen nur in äußerst geringen Mengen vorhanden sind.

Die gesteinbildenden Mineralien, welche in den Eruptivgesteinen auftreten, sind Quarz (d. i. reine Kieselsäure), ferner kieselsaure Verbindungen (Silikate) der Thonerde, der Oxyde des Eisens, des Kalkes, der Magnesia und der Alkalien (Natrium, Kalium) und zwar die Gruppen der Feldspäte, Augite, Hornblenden und Glimmer, außerdem schon seltener Olivin, Nephelin, Leucit. Dazu kommen in sehr geringen Mengen die Erze: Magneteisenerz (Eisenoxydoxydul) und Schwefelkies (Schwefeleisen). Quarz ist an der hohen Härte (7) kenntlich, er ritzt guten Stahl, und tritt als Gesteingemengteil farblos oder milchweiß bis grau auf, er zeigt niemals Spaltung, sondern stets muscheligen bis splitterigen Bruch mit glasartigem, zum Teil fettigem Glanze. Namentlich in den Porphyren kommen ringsum ausgebildete Quarzkrystalle vor (vergl. über die Form den Abschnitt Edelsteine).



23. Muscheliger Bruch des Obsidians aus Ecuador.

Von den übrigen genannten Mineralien sind besonders die Feldspäte zur Einteilung der Gesteine benutzt worden. Sie haben die Härte 6, d. h. sie lassen sich mit einem Messer gerade noch ritzen, die Farbe ist vorwaltend weiß, grau, gelblich, rötlich; grün ist selten. Sie spalten gut nach mehreren Richtungen, die Krystalle sind meistens kurz säulenförmig. Die Feldspäte zerfallen in zwei große nach der Krystallform nicht schwer von einander zu unterscheidende Unterabteilungen, nämlich: Orthoklas (Kali-Thonerde-Silikat): die beiden vorhandenen Spaltrichtungen bilden genau einen rechten Winkel und zeigen keine Streifung; ferner Plagioklas (vorwiegend Silikate der Thonerde, des Natrons und des Kalkes): die ebenfalls vorhandenen Spaltrichtungen schließen einen Winkel ein, der von dem rechten um einige Grade abweicht; die vollkommensten Spaltflächen sind, oft schon dem freien Auge erkennbar, fein gestreift. Übrigens werden nach der chemischen Zusammensetzung und der besonderen Krystallform mehrere Arten von Plagioklas unterschieden; hierher gehören: Mikroklin (Kalifeldspat, also chemisch, nicht aber krystallographisch dem Orthoklas nahestehend), Albit oder Natronfeldspat, Anorthit oder Kalkfeldspat, ferner Oligoklas, Andesin, Labradorit, welche als Mischungen von Natron- und Kalkfeldspat angesehen werden. Danach unterscheidet man zwei große Gruppen von Gesteinen: Orthoklasgesteine, zu ihnen gehören von den bereits genannten: Granit, Syenit, die Porphyre, Trachyte und Phonolithe, und Plagioklasgesteine, zu denen gerechnet werden: Diorit, Diabas, Gabbro, die Porphyrite, Melaphyre, Andesite, Basalte u. s. w.

Augite und Hornblenden stehen sich in der chemischen Zusammensetzung nahe als Silikate des Eisens, der Magnesia und des Kalkes, beiden gemeinsam ist der Glasglanz, die Härte: etwa 6, und dunkle Farben: schwarz, grünlich- und bräunlichschwarz; bei beiden sind kurzsäulige Krystalle häufig. Außer durch die Einzelheiten in den Krystallformen, die jedoch sehr wechseln, unterscheiden sich beide Mineralien dadurch, daß bei den Augiten selten Spaltbarkeit deutlich zu beobachten ist (wenn sie vorhanden ist, so bilden die beiden Richtungen einen rechten Winkel), sondern dichter bis körniger Bruch meistens vorwaltet. Bei der Hornblende dagegen sind immer deutlich zwei Spaltrichtungen zu

beobachten, die einen Winkel von 124° einschließen, außer Krystallen kommen faserige und stengelige Massen vielfach vor. Die Augite werden häufig auch Pyroxene, die Hornblenden Amphibole genannt (vergl. auch Asbest, Abschnitt Steinbruchbetrieb).

Diallag steht dem Augit in der chemischen Zusammensetzung, auch der Farbe nahe, er ist fast nur in unregelmäßigen Körnern zum Teil von faseriger Struktur im Gabbro eingewachsen, die Härte beträgt nur $4^1/_2$, er hat auf einzelnen Spaltflächen perlmutterartigen Glanz.

Die Glimmer bestehen aus Silikaten der Thonerde, des Eisens, des Kalis und der Magnesia, sie sind durch die geringe Härte $2^1/_2$, durch das häufige Vorkommen biegsamer, lebhaft glänzender Schüppchen und Blättchen gut gekennzeichnet. Die letzteren sind meistens unregelmäßig begrenzt, doch kommen sechsseitige Tafeln, sogar zuweilen große Krystalle vor, z. B. in den Riesengraniten (s. den Abschnitt Steinbruchbetrieb), dann ist immer ausgezeichnete Spaltbarkeit nach einer Richtung hin zu beobachten. Als Gemengteile der Gesteine kommen am häufigsten die folgenden Glimmerarten vor: Muscovit (Kaliglimmer) von weißer oder doch lichter Farbe, Biotit (Magnesiaglimmer) von dunkelbrauner Farbe und Chlorit (wasserhaltiger Magnesiaglimmer) von grüner Farbe.

Olivin ist ein Magnesia-Eisen-Silikat von der Härte $6^3/_4$, die Farbe ist gelblich oder grünlich, es bildet in größeren unregelmäßigen Körnern einen Gemengteil vieler Basalte. Das Mineral ist an der Farbe, der hohen Härte und der Durchsichtigkeit leicht zu erkennen. Der edle Olivin oder Chrysolith ist im Abschnitt Edelsteine erwähnt.

Nephelin und Eläolith sind Natron-Thonerde-Silikate von der Härte 6, Nephelin ist farblos, weiß oder grau und bildet einen Bestandteil gewisser Phonolithe und Basalte; Eläolith ist grau und rötlich, hat Fettglanz und kommt in manchen Syeniten z. B. im südlichen Norwegen vor.

Leucit ist ein Kali-Thonerde-Silikat von weißlich grauer Farbe und krystallisiert im Deltoid-Ikositetraeder, auch Leucitoeder genannt (vergl. die Krystallformen des Granat). Größere Krystalle kommen in Laven vor, außerdem bildet Leucit in mikroskopisch kleinen Kryställchen einen wesentlichen Gemengteil vieler Basalte.

Als Beispiele für die Zusammensetzung der Eruptivgesteine mögen hier einige solche aufgeführt werden, deren Gemengteile sich gewöhnlich mit bloßem Auge unterscheiden lassen:

Granit besteht aus Orthoklas, Quarz und Glimmer; Syenit ist aus Orthoklas und Hornblende zusammengesetzt; Diorit enthält außer Plagioklas noch Hornblende, Quarz, Glimmer; im Diabas tritt neben Plagioklas wesentlich Augit auf; Gabbro besteht aus Plagioklas und Diallag.

Während man in der Grundmasse der Porphyre außer Einsprenglingen von Quarz und Glimmer solche von Orthoklas beobachtet, treten in den Porphyriten Plagioklas und Hornblende, in den Melaphyren Plagioklas und Augit auf.

Die übrigen Eigenschaften und das Vorkommen dieser und der anderen Gesteine, welche häufiger technische Verwendung finden, sollen im Abschnitt Steinbruchbetrieb näher besprochen werden.

Die Wirkungen des glutflüssigen Erdinneren auf die Erdoberfläche sind im Vergleich zu früheren geologischen Perioden in der Gegenwart geringe, dennoch beobachten wir von Zeit zu Zeit an den noch thätigen Vulkanen außerordentliche Kraftwirkungen, es sei hier erinnert an das Auftauchen einer neuen Insel in der Gruppe der Azoren, nordwestlich der Insel S. Miquel. Die neue Insel tauchte im Juni des Jahres 1811 plötzlich aus dem Meere auf und erhob sich bis zu 100 m Höhe über den Wasserspiegel, ihr Gipfel wurde von einem kreisrunden Krater gebildet. Im Verlaufe der folgenden Jahre versank sie allmählich wieder in den Fluten. Die Thätigkeit des Inselvulkanes Krakatoa, in der Sundastraße zwischen den Inseln Sumatra und Java gelegen, im Jahre 1883 ist noch in frischer Erinnerung.

Auch einen Teil der Erdbeben, die mit der Tiefe allmählich zunehmende Wärme des Erdinneren, endlich das Hervorbrechen von heißen Quellen (Thermalquellen) in der Nähe erloschener Vulkane und in dem Gebiete jüngerer Eruptivgesteine fassen wir als Wirkungen des Vulkanismus auf.



24. Tropfsteinbildungen in der Hermannshöhle bei Rübeland am Harz.

Die geschichteten Gesteine. Die Vorgänge bei der Zersetzung der Gesteine, welche zur Neubildung jüngerer geschichteter Gesteine Veranlassung geben, können am besten im Hochgebirge, zum Teil, wenngleich in kleinerem Maßstabe, aber auch in Weg- und Eisenbahneinschnitten, die in festen Gesteinen hergestellt wurden, und in jedem Flußlaufe beobachtet werden. Auf den freien Klüften und Rissen, die in keinem Gesteine fehlen, dringt Wasser ein, dessen lösende Wirkung durch die darin enthaltenen Stoffe, namentlich Kohlensäure, verstärkt wird; Frost und Sonnenwärme erweitern die vorhandenen Spalten, die Vegetation mit ihren Wurzelfasern wirkt ebenfalls mit, und so zerfallen in kürzerer oder längerer Zeit je nach ihrer Widerstandsfähigkeit die Gesteine in Bruchstücke und Grus, einzelne Gemengteile, namentlich die Feldspäte werden in thonige Massen umgewandelt (kaolinisiert).



25. Karrenbildung nach F. Simony.

Aber auch in gigantischem Maßstabe arbeitet zuweilen die Natur an der Umwandlung der Gebirgsmassen. Es seien hier zwei bekanntere Beispiele erwähnt: So stürzte im Jahre 1348 am Südabhange des Dobratzsch, einer bis zu 2167 m ansteigenden Erhebung der südlichen Kalkalpen, südlich von dem Bergorte Bleiberg gelegen und nach der



26. Transport von Felsblöcken auf dem Kargletscher. Nach einer Zeichnung von Collomb.

nahen größeren Stadt auch Villacher Alpe genannt, eine gewaltige Felsmasse in das Thal der Gail ab. Bekannt ist ferner der Bergsturz, welcher am 2. September 1806

von der westlichen Kuppe des dem Rigi nördlich gegenüber gelegenen Roßberges erfolgte, es wurden damals 4 Dörfer verschüttet, und 450 Menschen kamen ums Leben. Noch heute ist dieses wilde Trümmerfeld nahe der Station Arth-Goldau der Gotthardbahn kenntlich.

Entweder verbleiben die Zersetzungsprodukte der festen Gesteine an Ort und Stelle, es bildet sich Humus (Ackererde), oder Wasser und Wind beginnen ihre fortschaffende und weiter zerstörende Thätigkeit und lagern die Bestandteile an Gehängen, in Flußthälern oder im Meere ab. Diejenigen, welche geneigt sind, die transportierende Kraft des strömenden Wassers zu unterschätzen, dürften an den Verheerungen des Hochwassers in den letzten Jahren seine Macht kennen gelernt haben.



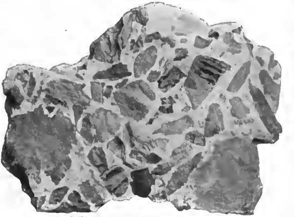
27. Bruchstück eines Scheuersteines (dunkler Kalkstein) v. Grindelwaldgletscher.



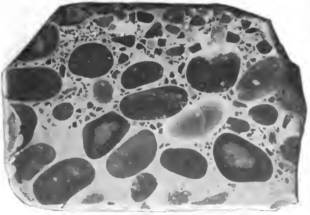
28. Felsenmeer im Böhmerwalde. Nach Aufnahme von H. Eckert, Prag.

Beobachtungen, welche an unseren Flußläufen gemacht werden über die suspendierten und chemisch gelösten Stoffe, die sie dem Meere zuführen, ergeben überraschend große

Mengen. So hat man geschätzt, daß die Rhone im Laufe eines Jahres etwa 20 Mill. cbm feste Stoffe dem Mittelländischen Meere zuführt, auch glaubt man annehmen zu sollen, daß die Anschwemmungen dieses Flusses seit dem 4. Jahrhundert unserer Zeitrechnung die Küste um etwa 20 km in das Meer hinausgeschoben haben. Die Flüsse, welche dem Teutoburger Walde und dem Harze entströmen, enthalten an und für sich geringe Mengen Kalk gelöst. Wenn man jedoch zusammenrechnet, wieviel Gestein im Laufe eines Jahres auf diese Weise dem Gebirge entzogen wird, so ergibt sich die erstaunliche Masse eines Würfels von 33 m Kantenlänge. So ist es auch erklärlich, daß sich im Kalkstein jene ausgedehnten Höhlen bilden, die wir z. B. bei Rübeland im Harz und vor allem im Karst, bei Adelsberg, bei St. Canzian u. s. w. bewundern. Ein Teil des Kalkes wird vom Wasser fortgeführt, ein anderer scheidet sich als jene vielgestaltigen Tropfsteingebilde aus, die mit Recht unser Staunen erregen (Abb. 24).



29. Kalksteinbreccie, durch Braunspat verkittet.

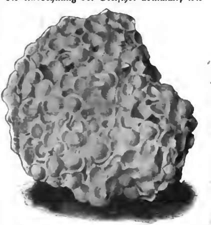


30. Konglomerat, angeschliffen (Puddingstein) aus Südengland.

Auch dort, wo der Kalkstein der Einwirkung des Wassers an der Oberfläche preisgegeben ist, findet eine zwar sehr allmähliche aber doch merkliche Zerstörung des Gesteins statt. So erklären sich die Karrenbildungen, welche z. B. in unseren Kalkalpen auf weite Strecken des Gebirges bemerkbar sind (Abb. 25).

Selbst das Eis des Hochgebirges arbeitet in den Gletschern mit an diesem Zerstörungswerke, an der Zerkleinerung und Beförderung des Gesteinsmateriales thalabwärts. Es gelangt nämlich der Gesteinschutt, der sich an den Steilabstürzen des Hochgebirges löst, zunächst auf die Oberfläche der Gletscher und wird dort in Gestalt einzelner Blöcke, die dann wohl Gletschertische bilden (Abb. 26), oder als langgestreckter Schuttwall (Moräne) langsam thalabwärts geführt, ein Teil dieses Gesteinsmaterials fällt aber durch Gletscherspalten auf den Grund des Gletschers und reibt dort, gedrückt und geschoben von dem Eise an dem festen Fels der Thalsohle. Der dem Gletscher entströmende Bach ist

milchig getrübt von zerriebenem Gesteinsmaterial, am Ende des Gletschers sammelt sich der Gesteinschutt zu hohen Wällen (Endmoräne) an. Wie die meisten geologischen Vorgänge ist auch die Wirkung der Gletscher eine scheinbar langsame und geringe, aber im Laufe der Jahrtausende sehr beachtliche. Da wo die Ausdehnung der Gletscher abnimmt, wie z. B. zur Zeit in den Alpen, und der Felsboden, über den sich früher der Gletscher bewegte, freigelegt wird, finden wir die Oberfläche im allgemeinen gerundet und abgeschliffen, aber mit Schrammen bedeckt, welche von den am Gletscherboden mitgeführten Scheuersteinen zurückgelassen wurden. Abb. 27 zeigt die Oberfläche eines solchen Scheuersteins vom Grindelwaldgletscher, auf dem schwarzen Kalkstein heben sich die hellen Schrammen deutlich ab. Diese verlaufen übrigens in mehreren Richtungen, da der Stein seine Lage häufig änderte und in verschiedenen Stellungen über den Fels fortgeführt wurde.


31. Erbsenstein v. Karlsbad mit oolithischer Struktur.

Die geschichteten Gesteine (Sedimentärgesteine) werden unterschieden nach der Natur des Gesteinsmateriales, aus dem sie gebildet werden, und nach dem Grade der Zertrümmerung und Zersetzung, welche dasselbe erfuhr, man nennt sie auch Trümmergesteine, klastische Gesteine. Erlitten Gesteinsbruchstücke keinen weiten Transport, verblieben sie vielmehr an den Gehängen, wo sie sich bildeten, so behielten sie ihre kantige Form. Derartige Anhäufungen im großen nennt man Felsenmeere (Abb. 28). Trat dann eine gegenseitige Verkittung durch Ausfüllung der Hohlräume und Verfestigung des Ganzen etwa durch Absatz von Kalk ein, so entstanden die Breccien (Abb. 29). Beim weiteren Transport durch das Wasser in Flußläufen reiben sich die kantigen Bruchstücke zu gerundeten Rollstücken (Geröllen, Geschieben) ab, dabei werden die weicheren Bestandteile mehr und mehr abgeschliffen, das härteste Material, namentlich der Quarz bleibt zuletzt übrig. Ablagerungen größerer und kleinerer Rollstücke, die durch ein Bindemittel (Zement) verbunden sind, nennt man Konglomerate (Abb. 30), sie bilden einen erheblichen Bestandteil der geschichteten Gesteine und gehen durch Abnahme und Gleichmäßigerwerden der Korngröße allmählich in Sandsteine über. Alle diese Gesteine treten meistens in starken Bänken auf.


32. Konzentrisch schalige Struktur im großen an Aragon (Sprudelstein) von Karlsbad. (1/8 natürl. Größe.)

Übrigens findet sich das Material der Konglomerate und Sandsteine in den jüngsten Bildungen, wie wir sie z. B. in der norddeutschen Tiefebene, in der bayrischen Hochebene,



33. Wandernde Dünen am Preiler Berg. Nach Aufnahme von Gottheil & Sohn, Königsberg i. Pr.

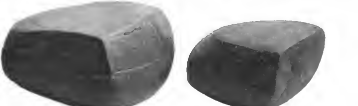
überhaupt oft den Gebirgen vorgelagert antreffen, auch noch im lockeren Zustande als feiner und grober Sand, als Kies mit groben Geröllen, die bei zunehmender Größe Feldsteine, Findlinge, erratische Blöcke genannt werden. Letztere bilden ein wichtiges Baumaterial für diejenigen Gegenden, in denen wenig Gesteine zu Tage treten.

Das am feinsten zerkleinerte Gesteinsmaterial wird vom Wasser am weitesten, oft bis ins Meer fortgeführt und bildet schlammige Absätze, die sich zunächst zu Thon und Lehm, weiter zu Schieferthon und Thonschiefer verfestigen, die Struktur der letzteren ist, wie der Name sagt, meistens dünnschieferig. Auch die Brandung des Meeres trägt viel zur Umlagerung der Gesteine bei, an manchen Küsten nagt sie beständig, an anderen lagert sie schlammiges oder sandiges Material ab.



34. Geschichtetes Gestein aus der Wüste Atakama mit Sandschliffen. (1/2 natürl. Größe.)

Außer diesen mechanischen Vorgängen spielt aber auch die Bildung von Sedimentgesteinen auf chemischem Wege eine große Rolle. Das Wasser löst aus den Gesteinen viele Stoffe und führt sie fort, in manchen Seebecken findet durch stete Verdunstung des Wassers und immer erneute Zufuhr gelöster Stoffe eine allmähliche Konzentration und endlich Auskrystallisation statt, anderseits arbeiten Pflanzen und Tiere beständig an der Ausscheidung dieser Stoffe. Auf diese Weise haben sich die Salzablagerungen, vor allem Steinsalz und Kalisalze gebildet, aber auch Gips (wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk) und Anhydrit (wasserfreier schwefelsaurer Kalk) sowie viele Kalksteine (kohlensaurer Kalk) und Dolomite (Verbindungen von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia) sind so entstanden.



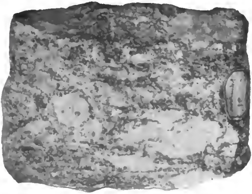
35. Kantengeschiebe.

Manche Kalke zeigen eine eigenartige Struktur, sie werden oolithische Kalksteine genannt; ein bekanntes Beispiel, welches die Eigentümlichkeit der Bildung besonders deutlich zeigt, gewisse Absätze der Karlsbader Thermen, sind unter dem Namen Erbsensteine bekannt, sie bestehen aus runden Körnern von konzentrisch schaliger Zusammensetzung; dabei zeigt jede Schale noch faserige Struktur. Abb. 31 stellt ein Stück Erbsenstein dar, Abb. 32 zeigt eine ausnahmsweise große Kugel, an welcher der zonale und zu gleicher Zeit faserige Bau besonders gut hervortritt. Kalksteine, welche aus kleineren, etwa stecknadelkopfgroßen Körnchen bestehen, heißen Rogensteine von der Ähnlichkeit mit dem Fischrogen.

Auch die Arbeit des **Windes** als geologisches Agens muß hier näher besprochen werden. Besonders in regen- und vegetationsarmen Gegenden, in Wüsten, Steppen, in der Dünenregion der Meeresküste machen sich diese Erscheinungen bemerkbar. Der Wind bringt den Staub und Sand in Bewegung, das leichteste Material wird schwebend fortgeführt, das gröbere am Boden fortgerollt, ganz erhebliche Mengen werden auf diese Weise in Bewegung gesetzt und an anderen Orten abgelagert. Die Staubstürme der Sahara sind bekannt, aber sie treten auch in vielen anderen Gebieten auf, z. B. in den nordamerikanischen Staaten Kalifornien und Arizona, in Südaustralien, in den Ebenen der Argentinischen Republik und des inneren China. Die ausgedehnten Ablagerungen des sogenannten **Lößes** in den erwähnten Gegenden werden aus feinstem Quarzstaub gebildet, sie bedecken Tausende von Quadratmeilen und bilden Schichten von mehreren hundert Metern Mächtigkeit. Die Ansicht von Richthofens, daß diese Schichten auf trockenem Wege gebildet seien, gründet sich namentlich darauf, daß im Löß viele Reste von Landpflanzen und von größeren Landsäugetieren gefunden werden. Die Art und Weise, wie auch an den deutschen Küsten der Sand der Dünen vom Winde in steter Bewegung erhalten wird, ist in Abb. 33 verdeutlicht. Der Wind wirkt aber nicht nur gesteinbildend sondern auch zerstörend. Wird nämlich der feine, aber äußerst harte Quarzsand von periodischen Winden beständig gegen Gesteinsmassen geführt, so schleift er dieselben merklich ab. Abb. 34 zeigt ein Belegstück von geschichtetem Gestein aus der Wüste Atakama, die weichen Lagen sind erheblich mehr zerstört als die härteren; an eruptiven Gesteinen entstehen Erscheinungen, **Sandschliffe** genannt, die dem Abrieb der Gesteine durch Gletscher sehr ähnlich sind. An runden Geschieben werden durch den bewegten Sand nahezu ebene Flächen und scharfe Kanten geschliffen, es entstehen die **Kantengeschiebe** (Abb. 35), die auch in den sandigen Gegenden Norddeutschlands nicht selten gefunden werden. Ähnliche, nur schneller sich vollziehende Wirkungen des bewegten Sandes benutzt die Industrie seit einigen Jahrzehnten in Gestalt des Sandstrahlgebläses, z. B. bei Herstellung matter Muster auf Glas.



36. Muschelkalkstein aus Thüringen, dichterfüllt von Versteinerungen (Stielglieder von Encrinus liliiformis und Schalen der Lima striata).

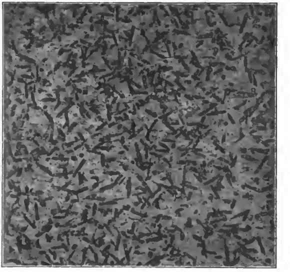


37. Augengneis von Dippoldiswalde.

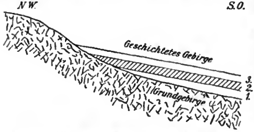
Wie oben schon kurz erwähnt, begruben die geschichteten Gesteine bei ihrer allmählichen Bildung die Reste von Tieren und Pflanzen in ihrer Masse, wir finden in ver-

schiedener Art der Erhaltung die Spuren früherer Lebewesen und nennen sie **Versteinerungen**. Die Zahl der Arten und Geschlechter ist außerordentlich mannigfaltig, ihre Kenntnis wichtig für die Altersbestimmung der Gesteine, es sollen daher die Versteinerungen in einem späteren Abschnitte etwas eingehender behandelt werden. Hier mag nochmals darauf hingewiesen werden, daß die organischen Reste oft in solchen Mengen im geschichteten Gebirge auftreten, daß einzelne, dem Schichtensysteme eingelagerte Bänke fast nur aus Pflanzenresten, wie die so außerordentlich wichtigen Kohlenflöze, oder aus Tierresten bestehen, wie manche Kalksteine (Abb. 36).

Durch ihre Ausdehnung über weite Strecken und den an vielen Orten beobachteten Reichtum an Erzlagerstätten nehmen die **metamorphischen** Gesteine unsere ganz besondere Aufmerksamkeit in Anspruch. Es sind Gesteine, welche ausgesprochene Schichtung zeigen, oder sich doch durch ihre Lagerung als sedimentäre Bildungen charakterisieren, deren Gemengteile jedoch nicht aus Trümmern anderer Gesteine, also z. B. Sand oder Thon bestehen, sondern aus Mineralien, welche den Bestandteilen der eruptiven Gesteine sehr nahe stehen und die bald mehr, bald weniger deutliche Krystallisation zeigen. Es sind hier als die wichtigsten und verbreitetsten die **Gneise** und **Glimmerschiefer** zu nennen. Gneis besteht aus Quarz, Feldspat und Glimmer, also aus denselben Mineralien wie der Granit, während aber diese Bestandteile im letzteren völlig regellos angeordnet sind, ist im Gneis durch einen Parallelismus der Glimmerschuppen eine schieferige Struktur deutlich erkennbar. Walten andere als die genannten Mineralien im Gneise vor, z. B. Hornblende, so wird das Gestein hiernach als Hornblende-Gneis bezeichnet. Auch finden sich Verschiedenheiten in der Struktur, neben dichtem oder feinkörnigem Gneis gibt es solchen, in dem größere Körner von Feldspat und Quarz vorhanden sind, man nennt ihn **Augengneis** (s. Abb. 37). Der Glimmerschiefer ist gewöhnlich nur aus Quarz und Glimmer zusammengesetzt, dazu gesellt sich häufig Granat. Mit den beiden genannten Gesteinen kommen nicht selten körnige Kalke (Urkalke) und Quarzite vor, letztere bestehen nur aus schieferigem Quarz. Die heutige Ansicht über die Bildung dieser Gesteine, die auch unter dem Namen **krystallinische Schiefer** zusammengefaßt werden, ist die folgende: Man nimmt an, daß sie ursprünglich als thonige, kalkige oder kieselige Sedimentgesteine gebildet wurden, und daß später die Einwirkung des glutflüssigen Erdinneren die Krystallisation hervorrief. Diese Ansicht wird dadurch unterstützt, daß wir gewöhnliche Thonschiefer dort, wo sie auf eruptiven Gesteinen lagern, häufig in glimmerschieferähnliche Massen umgewandelt finden und daß diese ganz allmählich in den typischen Thonschiefer übergehen. In den Übergangsformen finden sich Anfänge von Krystallisation, und man nennt diese Schiefer nach der Form der Ausscheidungen Fleckschiefer, Frucht-

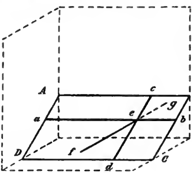

38. Fruchtschiefer.

schiefer (s. Abb. 38), Garbenschiefer. Die Gegend von Schneeberg im sächsischen Erzgebirge ist reich an diesen Gesteinen, deren Studium durch den Bergbaubetrieb auf Silber-, Kobalt-, Nickel- und Wismuterze sehr erleichtert wird. Da man die gegenseitige Berührungsfläche zweier verschiedenartiger Gesteine den **Kontakt** nennt, so heißen diese umgewandelten Schiefergesteine auch **Kontaktgesteine**. Kalksteine gehen am Kontakt mit Eruptivgesteinen in kristallinisch-körnigen Marmor über. Andere Umwandelungen, welche die äußere Erscheinung der Gesteine in geringerem Maße verändert haben und daher dem Laien weniger auffallen, versucht man durch starken Druck, wieder andere durch Einwirkung des in den Gesteinen sich bewegenden Wassers zu erklären.



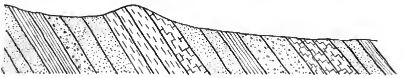
39. Geschichtetes Gebirge. Schnitt nach dem Einfallen der Schichten.

Lagerung der geschichteten Gesteine. Alle geschichteten Gesteine, ob sie nun durch Absatz aus dem Wasser oder als Ablagerung des Windes gebildet sind, ob sie als echte Trümmergesteine, als organogene Gesteine oder endlich als umgewandelte Gesteine zu bezeichnen sind, haben die Art der Ablagerung gemeinsam.



40.

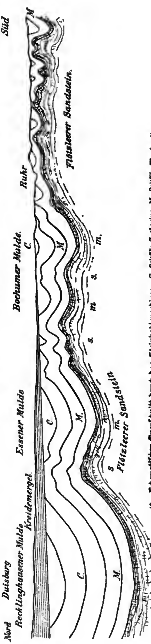
Betrachten wir an der Hand der Skizze (Abb. 39) die einfachste Form des geschichteten Gebirges: Auf dem Grundgebirge, z. B. einem Eruptivgesteine, hat sich durch Ablagerung des in den höher gelegenen Gebieten entstandenen und vom Wasser herbeigeführten Gesteinsschuttes zunächst die Schicht 1, hierüber die Schicht 2, welche durch Schraffierung hervorgehoben ist, und auf diese die Schicht 3 abgelagert. Wie das Grundgebirge älter ist, als die Schichtenfolge (Schichtensystem), so muß notwendigerweise jede untere Schicht älter sein als die obere, darauf abgelagerte. Im Verhältnis zu Schicht 2 nennt man im Bergbau und in der Geologie die ältere Schicht 1 das **Liegende**, dagegen die jüngere Schicht 3 das **Hangende**. Die Dicke einer Schicht heißt die **Mächtigkeit**, sie ist erheblich kleiner gegenüber der Ausdehnung der Schicht in wagerechter Richtung, **Streichen** genannt, und der Ausdehnung in der Richtung der stärksten Neigung, **Fallen** genannt. Abb. 40 stellt, durch drei aufeinander senkrechte Ebenen gestützt, ein Stück ABCD einer beliebigen Schicht im Raume dar. Es ist ab das Streichen, cd das Fallen. Jede andere in beliebigem Winkel zur Streich- und Fallrichtung, jedoch in der Ebene der Schicht


41. Steil aufgerichtetes Schichtensystem.

gezogene Linie heißt **Diagonale**. Zieht man dagegen eine Linie, z. B. f e g, welche wagerecht, aber senkrecht zum Streichen verläuft und die Schicht im Punkte e durchdringt, so heißt diese eine Querlinie, ihre Richtung die **querschlägige**; in einem Schichtensystem durchschneidet sie der Reihe nach sämtliche Schichten.

Macht es die geologische Beschreibung einer Gegend oder der bergmännische Betrieb erforderlich, die Lage eines Schichtensystems (oder überhaupt der Ebene eines Ganges, einer Verwerfung) genau zu bezeichnen, so ist hierzu der folgende Weg üblich: Zunächst bestimmt man die Lage des **Streichens** zu den Himmelsrichtungen, z. B. NO—SW; außerdem mißt man den **Fallwinkel**, den die Schicht mit der wagerechten Ebene einschließt, er betrage 20°. Da aber die Schichten bei demselben Streichen nach zwei Himmelsrichtungen, hier nach Südost oder nach Nordwest geneigt sein können, so ist jedesmal, um Zweideutigkeit zu vermeiden, zum Fallwinkel die Himmelsgegend hinzuzufügen, nach der die Schichten einfallen. Durch die beiden Angaben: „Streichen NO—SW, Fallen 20° in SO" ist die Lage des Schichtensystems bestimmt. Sehen wir uns nun die großen Schichtensysteme an, welche oft weite Flächen von mehreren hundert Quadratkilometern, ja selbst Quadratmeilen bedecken und zuweilen in einer Gesamtmächtigkeit von vielen hundert Metern beobachtet werden, und verfolgen wir den Verlauf einzelner Schichten, wie sie durch den Bergbau aufgeschlossen sind, z. B. das Kupferschieferflöz in der Grafschaft Mansfeld, die Steinkohlenflöze im Ruhrgebiete, in Saarbrücken, in Oberschlesien und die Braunkohlenflöze der preußischen Provinz Sachsen und des nordwestlichen Böhmen, so finden wir zwar oft auf kleinere Erstreckung jenes Verhalten, d. h. die Form einer ebenen, wenig geneigten Platte, wie sie soeben beschrieben wurde. Bei der Betrachtung eines großen Gebietes jedoch ergeben sich hiervon mancherlei Abweichungen, die entweder schon durch die Art und Weise der Bildung des Schichtensystems bedingt wurden oder durch spätere Einflüsse entstanden.

Die ursprüngliche Form einer über weite Flächen ausgedehnten Ablagerung geschichteter Gesteine ist nämlich die flache Mulde, entsprechend der Gestaltung des Bodens unserer Binnenmeere und Ozeane (man vgl. z. B. die Ablagerung des Kupferschieferflözes westlich von Halle im Abschnitt Kupfer). Vom Südrande der Mulde fallen die Schichten flach nach Norden ein, der Fallwinkel wird jedoch nach der Tiefe zu kleiner und kleiner, bis die Schichten im Muldentiefsten wagerecht (der Bergmann sagt söh-



42. Schematischer Querschnitt durch das Steinkohlengebirge. C. Leitflöz Catharina, M. Leitflöz Mausegatt.

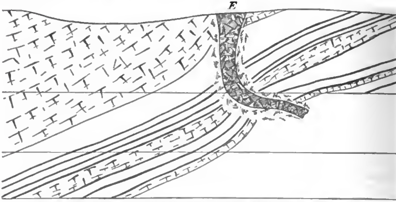
lig) liegen, und, wenn man ihren Verlauf in der einmal angefangenen Richtung weiter verfolgt, wieder anzusteigen beginnen. Am Nordrande fallen also die Schichten entgegengesetzt ein, wie am Südrande. Ferner kommt es nicht selten vor, daß die Stärke einer Schicht erheblich wechselt, ja daß sie allmählich ganz aufhört (sich auskeilt). Derartige Erscheinungen lassen sich recht wohl erklären. Führt ein Fluß beispielsweise lange Zeit hindurch mit seinem Wasser sehr feine thonige Teile in ein Seebecken, so wird sich über die ganze Fläche des Grundes eine ziemlich gleichmäßige Schicht von Schlamm ablagern. Derselbe Fluß kann zeitweilig, durch plötzliche starke Regengüsse außergewöhnlich anschwellend, auch gröberen Sand oder Gerölle mit sich führen, wird diese jedoch nahe seiner Einmündung in einer Schicht ablagern, die in kurzer Entfernung schwächer wird und sich bald ganz verliert.



43. Schichtenbiegung und Knickung des Thonschiefers.

Auch nach der Bildung der geschichteten Gesteine sind mannigfache Änderungen in der Lagerung vor sich gegangen und zwar, wie die Geologie annimmt, infolge von Spannungen in der festen Erdrinde, durch das Hervorbrechen eruptiver Gesteinsmassen und durch zum Teil tiefgreifende Zerstörungen älterer Ablagerungen. Die Schichten, welche ursprünglich eine wenig geneigte Lage hatten, sind oft steil gestellt, man sagt aufgerichtet (Abb. 41).

Während in der Abb. 39 S. 36 die Oberfläche von einer einzigen Schicht gebildet wurde, finden wir hier bei der Untersuchung des Gebirges der Reihe nach eine große Anzahl von Schichten. Es kommen vollständig senkrecht stehende Schichten vor. Jede



44. Melaphyrdurchbruch E durch die Steinkohlenformation Niederschlesiens. Nach A. Schütze.

Schicht läßt sich an der Oberfläche als ein schmaler Streifen verfolgen, den man das **Ausgehende** oder den **Ausstrich** nennt, der an der Oberfläche befindliche Teil der Schicht heißt der **Schichtenkopf**. Häufig läßt sich auch eine **Faltung** der Schichten

feststellen. Als eines der für den Bergbaubetrieb wichtigsten Beispiele sei hier das Ruhrsteinkohlengebiet angeführt. Abb. 41 gibt einen ideellen Schnitt durch das Gebirge von Süden nach Norden; die Biegung der Schichten zu wellenähnlichen Falten ist durch den Bergbau deutlich nachgewiesen worden. Verfolgen wir hier den Verlauf einer bestimmten Schicht, z. B. des Leitflözes Mausegatt, so wechseln Ansteigen und Einfallen mehrfach, man unterscheidet mehrere Mulden, zwischen denen Sättel liegen, die ersteren, den Wellenthälern vergleichbar, sind mit m, die letzteren, den Wellenbergen entsprechend, mit s bezeichnet. An diesem Profil können noch anderweite häufig vorkommende Erscheinungen studiert werden, es sind nämlich nur die Schichten des Kohlengebirges zu Falten gebogen, die darüber liegenden, flach nach Norden einfallenden Schichten der Kreideformation sind völlig ungestört, sie befinden sich im Verhältnis zu den gefalteten Schichten nicht in gleicher (konkordanter), sondern in abweichender (diskordanter) Lagerung. Auch ist ein Teil der Steinkohlenformation nach eingetretener Faltung zerstört, abgeschwemmt worden, ehe sich das jüngere Gebirge darüber ablagerte.

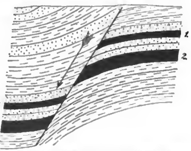
Derartige Vorkommen lassen sich auch im kleinen beobachten, so zeigt Abb. 43 ein Thonschieferstück, an dem der allmähliche Übergang der Schichtenbiegung in Knickung beachtenswert ist.



45. Erdspalte am Steilufer des Shonai-Flusses. Nach Dr. R. Beck.

Einen wesentlichen Einfluß auf die derzeitige Gestaltung unserer Erdoberfläche hat auch das Durchbrechen von Eruptivgesteinen durch die Erdkruste gehabt. Nicht nur die sedimentären, sondern auch die älteren eruptiven Gesteine wurden von glutflüssigen Massen durchbrochen, zuweilen breiteten sich diese deckenartig aus. So haben Melaphyre die Steinkohlenformation (Abb. 44), auch die Schichten des Rotliegenden durchbrochen, Basalte und Phonolithe, z. B. im nördlichen Böhmen, die Braunkohlenformation.

Das Bild der Lagerungsverhältnisse wird ein noch mannigfaltigeres dadurch, daß die Erdrinde häufig durch große Spalten zerrissen wurde und längs dieser Verschiebungen der einzelnen gewaltigen Bruchstücke stattfanden. Diese Erscheinung, welche wir Verwerfung nennen, können wir auch jetzt noch zuweilen beobachten. So entstanden bei dem großen Erdbeben, welches Japan am 28. Oktober 1891 heimsuchte, auf weite Erstreckung Risse in der Erdoberfläche, und es konnte sowohl eine Verschiebung der durch die Spalte getrennten Teile in wagerechtem, als auch in senkrechtem Sinne beobachtet werden. So stimmte z. B. nach dem Erdbeben die Ein-



46. Senkrechter Schnitt durch eine Verwerfung im Steinkohlengebirge.

teilung der Reisfelder auf den beiden Seiten einer Spalte nicht mehr überein, es hatte eine horizontale Verschiebung der beiden Teile stattgefunden, in Abb. 45 ist das Absinken eines Teiles der Oberfläche um mehrere Meter ersichtlich. Auch bei den Verwerfungen, die der Bergbau nicht gerade selten im älteren geschichteten Gebirge antrifft, kann zuweilen an der Lage der Schichten auf beiden Seiten der Spalte das Maß der Bewegung festgestellt werden (Abb. 46).

Die Gliederung der geschichteten Gesteine.

Für die wissenschaftliche Einteilung der bis viele tausend Meter mächtigen Systeme von geschichteten Gesteinen bietet die Gesteinsbeschaffenheit selbst keine hinreichenden Unterlagen. Denn einerseits kehren dieselben Gesteine, z. B. Sandsteine, Kalksteine und Schieferthone, fast überall wieder, anderseits lehrt uns die Erfahrung, daß beispielsweise bei thonigen Gesteinen nicht immer der Grad der Verfestigung, den wir sonst zur Altersbestimmung benutzen, maßgebend ist, denn es gibt sehr alte derartige Gesteine, die keinem größeren Drucke durch darüber lastende andere Schichten unterworfen waren und daher noch aus plastischem ungeschichteten Thone bestehen, während an anderen Orten jüngere thonige Gesteine bereits die Struktur des Schieferthones angenommen haben.

Wenn wir in der Geologie von dem Alter der Gesteine sprechen, so handelt es sich übrigens immer nur um relatives, nicht um absolutes Alter. Wir haben bis jetzt keinen Maßstab für die Dauer geologischer Perioden, nur das eine steht fest, daß sie nach menschlichen Begriffen ungemein lange gewährt haben müssen, denn alles deutet darauf hin, daß durch die immer wieder eintretende Summierung kleiner Wirkungen, nicht durch plötzliche gewaltsame Umwälzungen diejenigen Änderungen auf der Erdoberfläche eingetreten sind, die wir durch das Studium des Baues unserer Erdrinde anzunehmen genötigt sind.

In einem kleineren Gebiete haben wir manchen Anhalt für die Beurteilung des relativen Alters der Gesteine. So sind die hangenden Schichten immer jünger als die liegenden; Eruptivgesteine, welche andere oder geschichtete Gesteine durchbrechen, müssen jünger sein, als die letzteren, ebenso wie Konglomerate, welche Rollstücke anderer Gesteine enthalten, oder Eruptivgesteine, welche fremde Gesteinsbruchstücke umschließen, jünger sein müssen als letztere.

Wollen wir jedoch das Alter von Gesteinen, welche an weit entlegenen Orten, in verschiedenen Weltteilen gefunden wurden, miteinander vergleichen, so reichen diese Gesichtspunkte nicht aus. Es können dann, wie ein neuerer Zweig der Geologie, die Paläontologie, lehrt, nur die tierischen und pflanzlichen Reste, welche die geschichteten Gesteine umschließen, die wir Versteinerungen zu nennen pflegen, für uns maßgebend sein. Die grundlegenden Arbeiten des Engländers Darwin waren es, die vor etwa einem halben Jahrhundert Licht in die Versteinerungslehre brachten und uns außerordentlich wertvolle Einblicke in das organische Leben früherer geologischer Perioden thun ließen. Wir nehmen heute an, daß die Lebewesen unserer Erde sich aus einer verhältnismäßig kleinen Zahl von Grundformen entwickelt haben und daß eine allmähliche Umbildung von einfacher zu höher organisierten Formen stattgefunden hat. Auch wissen wir, daß in den ältesten Zeiten unseres Erdkörpers überall angenähert gleiche Verhältnisse herrschten, daß sich erst allmählich und immer mehr die Abweichungen zwischen dem Tier- und Pflanzenleben der Hochsee und des Strandes, im Süßwasser und auf dem Festlande ausbildeten, und daß jener durchgreifende Unterschied von meteorologischen Zonen, wie er jetzt auf der Erde besteht, auch erst nach und nach Platz griff.

In der Reihe der Organismen haben beständige Veränderungen stattgehabt, neue Geschlechter und Arten treten auf, während andere aussterben, und wenn auch in unserer Kenntnis dieses Werdeprozesses manche Lücken vorhanden sind, die allgemeinen Grundlagen sind mit Sicherheit festgelegt. Am wertvollsten für die Altersbestimmung der geschichteten Gesteine sind für uns solche Tier- und Pflanzenformen, die nach verhältnismäßig schneller zahlreicher Entwickelung über weite Gebiete wieder verschwinden, wir nennen sie

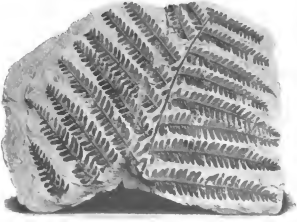


47. Ideale Landschaft der Steinkohlenzeit.

Leitversteinerungen. Ehe wir einzelne Belege hierfür anführen, möge die heute allgemein angenommene Einteilung der geschichteten Gesteine nach Perioden, Formationen und kleineren Abschnitten hier eine Stelle finden.

Übersicht der geologischen Formationen.

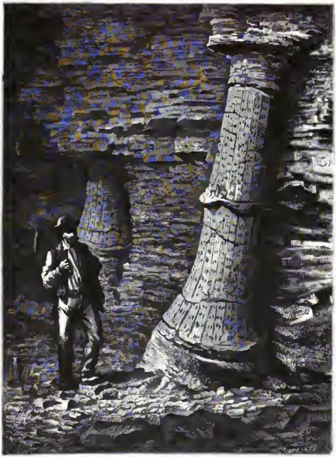
Neuzeit der Erde oder Känozoische Periode	Quartärformation	Alluvium, Diluvium
	Tertiärformation	Pliocän, Miocän, Oligocän, Eocän
Mittelalter der Erde oder Mesozoische Periode	Kreideformation	Senon, Turon, Cenoman, Gault, Neocom, Wealdenformation
	Juraformation	Weißer Jura, Brauner Jura, Schwarzer Jura oder Lias
	Triasformation	Rhät, Keuper, Muschelkalk, Buntsandstein
Altertum der Erde oder Paläozoische Periode	Dyas- oder Permische Formation	Zechstein, Rotliegendes
	Carbonformation oder Steinkohlenformation	Produktive Steinkohlenformation, Kohlenkalk oder Culm
	Devonische Formation	Ober-, Mittel-, Unter- } Devon
	Silurformation	Ober-, Unter- } Silur
	Cambrische Formation	Ober-, Mittel-, Unter-, Prä- } Cambrium
Urzeit der Erde oder Archäische Periode	Krystallinisches Schiefergebirge und Gneisformation	Phyllitformation, Glimmerschieferformation, Gneisformation



48. Pecopteris (Farnkraut) aus der Steinkohlenformation. (1/3 natürl. Größe.)

Hiermit ist jedoch die paläontologische Einteilung keineswegs erschöpft, vielmehr gliedert man in gut durchforschten versteinerungsreichen Gebieten bis ins einzelne, so daß oft Schichten von nur einigen Zentimetern Mächtigkeit mit ausgeprägten Leitversteinerungen ihre besondere Bezeichnung erhalten haben. Das ist, um nur ein Beispiel anzuführen, im Jura Süddeutschlands der Fall.

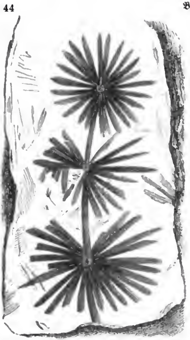
Im folgenden sind aus dem reichen Stoff, den die Versteinerungen bieten, einige bekanntere Beispiele herausgegriffen und durch Abbildungen erläutert, welche zum größten Teil wohlerhaltenen Originalen der Freiberger Bergakademie entlehnt sind. Vollständigkeit auch nur des Wichtigsten konnte bei dem beschränkten Raume nicht einmal angenähert angestrebt werden. In den späteren Abschnitten ist übrigens noch einigemal der Paläonto-



49. Sigillarienstämme in den Kohlengruben von St. Etienne, an der Stätte ihres ursprünglichen Wachstums noch aufrecht stehend.

logie gedacht worden, z. B. gelegentlich der Besprechung des Mansfelder Kupferschiefer-bergbaus, beim Bernstein und an anderen Orten.

In der Gneis-, Glimmerschiefer- und Phyllit-Formation finden wir erkennbare organische Reste nicht vor, jedoch erklären wir uns das Vorkommen des **Graphites** in dieser Gesteinreihe dadurch, daß Anhäufungen von Pflanzenresten durch spätere Einflüsse in die krystallinische Form des Kohlenstoffes, wie sie uns im Graphit entgegentritt, umgewandelt worden sind. Wenn wir zunächst die Pflanzen in ihrer Entwickelung



50. Annularia longifolia aus d. Steinkohlenformation.

weiter verfolgen, so finden sich im Cambrium und Silur ausschließlich Algen und Tange. In der Steinkohlenformation treffen wir jene gewaltigen Mengen von vorweltlichen Pflanzen an, welche zuweilen, so in Oberschlesien, Flöze von 10 und noch mehr Meter Mächtigkeit gebildet haben. In den Flözen selbst ist uns selten Gelegenheit geboten, die Pflanzenreste deutlich zu erkennen, dagegen finden sich in den begleitenden Schieferthonen die Pflanzen ausgezeichnet erhalten. Wir wissen mit Bestimmtheit, daß die Gewächse der Steinkohlenformation einer tropischen Sumpfvegetation angehörten, die nur aus Kryptogamen bestand, und zwar wogen Farne und Baumfarne (Cycadeen), dann Sigillarien und Lepidodendren, beides dem heutigen Bärlapp ähnliche, jedoch baumartige Pflanzen, vor. Daneben waren Schachtelhalme in großen Individuen (Calamites) häufig, deren zierliche Zweige, z. B. Annularia, besondere Namen erhalten haben, da sie nur äußerst selten noch an den Stämmen sitzend angetroffen werden. In glücklicher Weise hat man versucht, die üppige Vegetation der Steinkohlenformation sich zu vergegenwärtigen (Abb. 47). Die übrigen Abbildungen zeigen einzelne Pflanzenteile, so Abb. 48 einen wohl erhaltenen Farnwedel, Abb. 49 Stämme von Sigillarien und zwar, was selten der Fall ist, noch aufrechtstehend an der Stätte ihres Wachstums; solche Stämme, dann jedoch liegend, sind bis zu 30 m Länge und 2 m Dicke gefunden worden. Abb. 50 zeigt einen zu einem Schachtelhalme gehörigen Ast (Annularia). Die Stämme der Baumfarne (Psaronius), wegen der eigentümlichen Zeichnung im Querschnitte auch Starstein genannt, finden sich in großer Zahl, durch Verkieselung gut erhalten, im Rotliegenden bei Chemnitz in Sachsen, also in der die Steinkohlenformation unmittelbar überlagernden Schichtenreihe. Untergeordnet treten übrigens schon in der Steinkohlen-



51. Dendriten auf Kalkstein von Solnhofen. (½ natürl. Größe.)

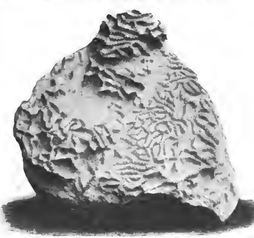
formation als erste Monokotyledonen die Palmen und bereits im Devon als erste Dikotyledonen Nadelhölzer auf; die ersten Laubhölzer dagegen finden wir erst viel später,



52. **Krebse (Trilobiten, Paradoxides bohemicus) aus dem Cambrium des Prager Beckens.**

nämlich in der oberen Kreideformation im Cenoman, z. B. bei Niederschöna in der Nähe von Freiberg.

Noch einmal und zwar im Tertiär folgt eine Periode besonders üppigen Pflanzenwuchses, dem wir die Bildung der Braunkohlenflöze verdanken. Die Flora der Tertiärzeit nähert sich der heutigen tropischen Vegetation in ihrem allgemeinen Charakter. Daß auch in der Gegenwart, in unseren Torfmooren, sich recht erhebliche Mengen absterbender Pflanzen, Moose und Gräser anhäufen und den jüngsten fossilen Brennstoff bilden, dürfte hinreichend bekannt sein.



53. **Koralle (Halysites catenularia), Leitfossil des Silur.**

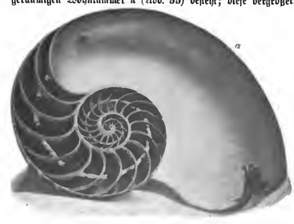
Eine gewisse Ähnlichkeit mit Pflanzenabdrücken haben auf den ersten Anblick die Dendriten, welche wir auf den Kluftflächen vieler Gesteine außerordentlich häufig finden **(Abb. 51), es sind Ausscheidungen von Eisen- und Manganoxyden, sie haben mit pflanzlichen Bildungen nichts gemein.**

Es mögen nun auch einige Beispiele von Versteinerungen aus dem Tierreiche folgen. Schon im Cambrium tritt uns eine reich entwickelte Fauna entgegen, durch Zahl der Arten zeichnen sich die Trilobiten aus, eigenartige Krebse (Abb. 52), welche nur der älteren paläozoischen Periode angehören und bereits in der Steinkohlenformation aussterben. Korallen fehlen dem Cambrium noch, sind aber vom Silur ab bis in die Neuzeit vertreten, doch gehören jeder Formation besondere Typen an, so Halysites, Kettenkoralle, dem Silur (Abb. 53), Cyathophyllum dem Devon, bei der letzteren sind große Kelche zu Stöcken miteinander verwachsen. Als erste Vertreter der Wirbeltiere kommen bereits im Silur einzelne Fische vor, doch erreichen dieselben erst im Devon und zwar besonders die Gattungen der Panzerfische (Abb. 54) größere Entwickelung.



54. Panzerfisch (Bothriolepis Canadensis) aus dem Oberdevon in Kanada.

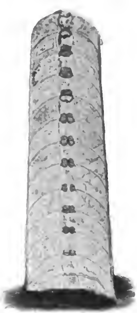
Eine recht beachtliche Gruppe, den Cephalopoden angehörig, bilden die Orthoceratiten und Nautileen mit ihren jüngeren Verwandten. Die beiden genannten Gattungen erscheinen zunächst im Silur, und zwar gehören beide Kopffüßlern an, deren Gehäuse aus einer geräumigen Wohnkammer a (Abb. 55) besteht; diese vergrößert das Tier zwar durch weiteren Ansatz von Schale in jeder Wachstumperiode, wie unsere Schnecken, anderseits trennt es aber von derselben durch Einbau einer Scheidewand jedesmal eine Kammer ab. Letztere stehen durch eine Röhre (Sipho) mit der Wohnkammer in Verbindung und können von dem Tiere mehr oder minder mit Luft gefüllt werden, um das Schwimmen an der Meeresoberfläche zu ermöglichen. Die Nautileen waren im Silur sehr zahlreich, sie haben sich, allerdings nur in wenigen Arten, bis auf die Gegenwart erhalten. Mit ihnen finden sich im Silur ganz ähnlich organisierte Tiere, die Orthoceratiten, bei denen ebenfalls



55. Nautilus, recent, im Durchschnitt; a Wohnkammer.



57. Goniatites aus dem russischen Devon im Gouvernement Archangelsk. (Nat. Größe.)



56. Orthoceratites aus dem Silur des Prager Beckens.



58. Ceratites nodosus aus dem Muschelkalk von Weimar. (Die Wohnkammer ist abgebrochen.)



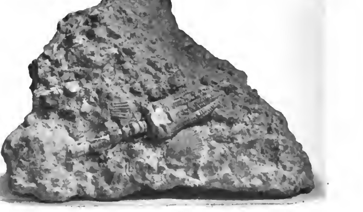
59. Ammonites Murchisonae aus dem braunen Jura von Wasseralfingen (Württemberg).



60. Baculites ovatus aus der oberen Kreide von Dakotah (Nordamerika).

eine Wohnkammer und mit dieser durch einen Sipho verbunden Luftkammern vorhanden sind, die jedoch nicht zum Schneckenhaus gewunden, sondern geradlinig (Abb. 56) angeordnet sind; bei dem abgebildeten Exemplare ist die Wohnkammer abgebrochen. Nautileen und Orthoceratiten finden sich übrigens zum Teil in gewaltigen Abmessungen, es sind Gehäuse der ersteren von mehr als 2 m Durchmesser und letztere von 2 m Länge bekannt. Früher wurden in unseren Hansestädten mehr als jetzt schwedische Kalksteinfliesen verwendet, dieselben zeigen oft Querschnitte von Orthoceratiten. Zwischen der eingerollten (Nautilus) und der geraden Form (Orthoceras) finden sich im Silur als Übergänge auch halbmondförmig gekrümmte Formen (Cyrtoceras).

Es ist nun von höchstem Interesse, zu beobachten, wie sich sowohl bei den Nautileen als auch bei den Orthoceratiten die Ausbildung der Kammerscheidewände (Lobierung) allmählich im Verlauf der geologischen Perioden ändert, die Kammern der Goniatiten (Abb. 57), die vom Devon ab auftreten, zeigen mehrfach gebogene Lobierung — in der Abbildung sind zur besseren Verdeutlichung einige Kammern weiß angelegt. Später treten dann die Ceratiten (Abb. 58) auf, bei denen zwischen den Bogen der Lobierung



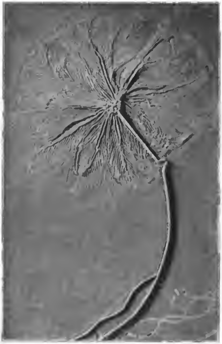
61. Geschlossene Krone des Encrinus liliiformis aus dem Muschelkalk.

eine feine Zähnung bemerkbar wird. Diese zeigt sich immer mehr entwickelt bei den eigentlichen Ammoniten (Abb. 59), die zuerst im Perm und zwar Rußlands erscheinen, in der Trias- und Juraformation ihre größte Entwickelung erreichen und dann in der Kreide, wie schon früher Goniatiten und Ceratiten, aussterben. Der Baculites (Abb. 60) ist gerade, hat jedoch die eigenartige Kammerung der Ammoniten.

Zuweilen finden sich die Ammoniten des Jura und der Kreide durch Schwefelkies versteinert, sie heißen im Volksmunde Goldschnecken und nehmen durch ihre zierlichen Formen die Aufmerksamkeit des Laien in Anspruch, so daß man sie wohl zur Ausschmückung kleinerer Gebrauchsgegenstände verwendet hat.

Die Seelilien (Encrinus, Pentacrinus), jene graziösen Bewohner der Tiefsee, welche sich heute nur selten finden, waren in der mesozoischen Periode äußerst häufig. Sie bestehen aus einem langen gegliederten Stiele, auf dem sich die einer Lilie nicht unähnliche Krone wiegt. Von den runden (Encrinus) oder fünfeckigen (Pentacrinus) Stielgliedern sind manche Schichten vollständig erfüllt, die Kronen sind selten; einzelne dieser Tiere konnten die Fangarme der Krone zusammenlegen. Abb. 61 zeigt die geschlossene Krone des Encrinus liliiformis, Abb. 62 die geöffnete Krone eines Pentacrinus. (Vgl. auch Abb. 36 S. 34.)

Von zweischaligen Muscheln seien hier als Beispiele die Trigonien (Abb. 63), welche für Jura und Kreidezeit besonders charakteristisch sind, und **Inoceramus** erwähnt, dessen verschiedene Arten in der deutschen Kreideformation weite Verbreitung hatten. An der abgebildeten Trigonia ist die Muschelschale vollkommen erhalten, von den Inoceramen, welche den Quadersandstein zum Teil völlig erfüllen, sind meistens nur die **Steinkerne** vorhanden, d. h. die durch sandige Massen erfolgte Ausfüllung der Muscheln, und die Abdrücke der äußeren Seite der Schale, diese selbst ist verschwunden, der kohlensaure Kalk ist aufgelöst worden. Aber auch aus diesen Resten können wir einzelne wichtige Schlüsse nicht nur auf die allgemeine Form, sondern auch auf den inneren Bau ziehen, da z. B. die Muskelansätze und die Schloßteile am Steinkern deutlich kenntlich sind.



62. Seelilie (Pentacrinus) aus dem Lias von Württemberg.

Die **Seeigel** finden sich vereinzelt bereits im Silur und Devon, häufiger treten sie dann im Carbon und in den jüngeren Formationen auf, sie bewohnen heute noch unsere tropischen Meere.

Von Wirbeltieren waren weiter oben die Fische erwähnt. Die nächst höhere Klasse, die **Reptilien**, beginnen zwar bereits in der Kohlenformation, zu formenreicherer und geradezu gigantischer Entwickelung gelangen dieselben aber erst in der mesozoischen Periode. Die **Saurier** in ihren eigenartigen Formen bevölkerten damals die Meere, in Süddeutschland sind viele Reste derselben gefunden worden. Die Abb. 64 zeigt einen ausgezeichnet erhaltenen **Ichthyosaurus**, das große Auge und die vier flossenförmigen Füße sind deutlich erkennbar. Am Ende der Jurazeit treten in dem viel genannten **Archäopterix** und seinen Verwandten die ersten vogelähnlichen Geschöpfe auf. Während sich die ersten Spuren von **Säugetieren** und zwar von Beuteltieren in der Trias finden, kommen dieselben in größerer Zahl und mannigfaltigeren Formen erst im Tertiär vor. Das erste Auftreten des **Menschen** beobachten wir im Diluvium.



63. Leitmuschel (Trigonia navis) des oberen Lias.

Um ein Beispiel für die geologische Gliederung eines größeren Gebietes zu geben, sei hier kurz und nur unter Hervorhebung des Wesentlichsten besprochen:



64. Ichthyosaurus (Brevirostris) aus dem Lias. Photographie eines 2½ m langen Originals der Kgl. sächsischen Mineralienniederlage zu Freiberg.

Der geologische Bau Deutschlands und der benachbarten Gebiete.

Die Zentralkette der Alpen besteht zum größten Teil aus Eruptivgesteinen und krystallinischen Schiefern, nördlich vorgelagert sind in großer Ausdehnung vom Genfer See im Westen bis zu einer Linie, die sanft nach Norden ausbiegend den Vierwaldstätter See, das Ostende des Bodensees, dann Rosenheim und Salzburg berührt, endlich sich östlich bis in die Nähe von Wien erstreckt, sedimentäre Ablagerungen, welche zum kleineren Teile dem Silur und der Trias, zum größten dem Jura (nördliche Kalkalpen) und der Ausdehnung nach wieder zurücktretend der Kreideformation angehören. Den westlichen Teil der Schweiz, die bayrische Hochebene und die österreichischen Gebiete bis an die Donau, östlich von Wien immer mehr an Ausbreitung gewinnend, und die Donau überschreitend, bedecken tertiäre und alluviale Ablagerungen. Das Gelände fällt auf der ganzen Linie allmählich zur Aar und Donau ab. Weiter im Norden bilden die alten Eruptivgesteine und krystallinischen Schiefer auf dem linken Rheinufer in den Vogesen, rechts vom Rhein im Schwarzwald und Odenwald größere zusammenhängende Gebiete, dieselben erfüllen ferner den südlichen und südöstlichen Teil Böhmens und umsäumen im Bayrischen- und Böhmerwalde, dem Fichtel- und Erzgebirge, dann weiter durch die sächsische Lausitz sich fortsetzend zum Riesengebirge und Altvatergebirge den Böhmischen Kessel, in dem sich von allen Seiten zusammenfließend sämtliche Gewässer zur Elbe vereinigen. Ältere Eruptivgesteine finden sich in größerer Ausdehnung dann noch im Thüringer Walde, im Harz, im Nahethal und an der Lahn, während jüngere Eruptivgesteine teils in einzelnen Kuppen, teils in zusammenhängenden Gebirgsmassen auf einer großen Spalte emporgestiegen sind, die sich von dem Lausitzergebirge über das böhmische Mittelgebirge und Karlsbad, dann über die Rhön und den Vogelsberg und weiter sich verzweigend über den Westerwald nordwestlich zum Siebengebirge und südwestlich zur Eifel verfolgen läßt. Kleinere Gebiete jüngerer Eruptivgesteine bilden die Kegelberge des Hegau (der Hohentwiel u. s. w.) und der Kaiserstuhl westlich von Freiburg.

Das Zentrum von Böhmen, um Prag und südwestlich davon wird von silurischen Schichten bedeckt, auf die sich westlich bei Pilsen die produktive Steinkohlenformation auflagert, während nördlich bis zum Elbsandsteingebirge (Sächsische Schweiz) und weit östlich bis zum Altvatergebirge

hinübergreifend die Kreideformation vorwiegend durch Sandsteine vertreten ist. Den Nordwesten Böhmens, dem Fuße des Erzgebirges vorgelagert, erfüllen tertiäre Ablagerungen, welche mächtige Braunkohlenflöze umschließen.

Das ganze große Gebiet Süddeutschlands zwischen Schwarzwald und Odenwald im Westen und dem Bayrischen, dem Böhmerwald und dem Fichtelgebirge im Osten überdecken die Ablagerungen der Trias (Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper), sie füllen auch die Senkungen zwischen Thüringer Wald, Rhön und Vogelsberg aus und erstrecken sich weit nördlich bis an den Harz und Teutoburger Wald, hier bergen sie die wertvollen Ablagerungen von Salzen, namentlich die Kalisalze, welche seit etwa 40 Jahren Veranlassung zu einer bedeutsamen Industrie gegeben haben. Auch das linke Rheinufer wird nördlich bis an die Gegend von Speier von Triasschichten gebildet. Auf dieser Unterlage baut sich in langem Zuge vom Genfer See bis an den Rhein der Schweizer, von dort, der Donau bis Regensburg folgend, der Schwäbische und nach Norden umbiegend und bis zum Main reichend der Fränkische Jura auf, auch in Lothringen bedecken Juraschichten weite Gebiete. An den Rändern des Triasgebietes, am Thüringer Walde und am Harze treten die Schichten des Perm, Rotliegendes und Zechstein als schmälerer oder breiterer Saum zu Tage. Die unterste Schicht des Zechsteins wird von dem Mansfelder Kupferschieferflöz gebildet.

Dem sächsischen Erzgebirge sind nordwestlich silurische und devonische Schichten, bei Zwickau und Lugau-Ölsnitz auch die produktive Steinkohlenformation und das Rotliegende vorgelagert. Devonische und Carbonische Schichten bilden auch die Hauptmasse des Harzes.

Zwischen Riesengebirge und Eulengebirge tritt neben älteren Eruptivgesteinen auf niederschlesischem Gebiete in der Gegend von Waldenburg, aber auch bis nach Ostrau und Karwin in Böhmen sich erstreckend die produktive Steinkohlenformation auf, dieselbe ist auch in Oberschlesien in der Gegend von Beuthen entwickelt und im nördlichen Teile von Bundsandstein und Muschelkalk überlagert, letzterer umschließt wichtige Lager von Eisen-, Zink- und Bleierzen. Die Steinkohlenformation der Gegend von Saarbrücken führt uns wieder nach Westen. Dort begleiten den Rhein von Bingen aus flußabwärts an beiden Ufern in großer Ausdehnung devonische Schichten (das niederrheinisch-westfälische Schiefergebirge), wie schon oben erwähnt im Westerwald, dem Siebengebirge und der Eifel von jüngeren vulkanischen Gesteinsmassen durchbrochen. Am Nordrande der devonischen Ablagerungen tritt westlich vom Rhein in dem Hohen Venn zunächst ein Silurgebiet zu Tage, während weiter im Nordwesten bei Aachen die Kohlenformation des Wurmrevieres vorliegt; östlich des Rheins schließt sich an das Devon das ausgedehnte Westfälische Kohlenbecken, gewöhnlich Ruhrkohlenbecken genannt, an. Die nördliche Fortsetzung des letzteren, welche durch Tiefbohrungen und neuere Schachtanlagen erschlossen wurde, ist von mächtigen Kreideschichten überlagert, die sich bis zum Teutoburger Walde fortsetzen und eine große Bucht des Meeres der Kreidezeit bilden. Im Norden bei Ibbenbüren tritt nochmals die Kohlenformation mit abbauwürdigen Flözen zu Tage; ob diese als nördliche Ausläufer des Ruhrkohlengebietes zu erachten sind, läßt sich zur Zeit nicht mit Bestimmtheit entscheiden.

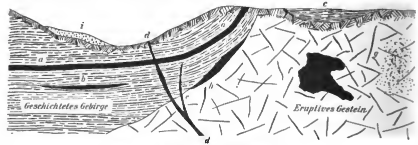
Den beschriebenen Gebieten nördlich vorgelagert ist ein schmaler Gürtel sedimentärer Bildungen der verschiedensten Formationen, hierhin gehören z. B. die Wealdenschichten des Deister in der Nähe von Hannover, welche schwache, aber im Abbau befindliche Steinkohlenflöze führen.

Der gesamte Norden Deutschlands, die norddeutsche Tiefebene, ist durch tertiäre und diluviale Schichten bedeckt, die letzteren bestehen aus den Geröll- und Sandablagerungen der Eiszeit. Die nordischen Gletscher haben hier eine reiche Musterkarte skandinavischer Gesteine zum Teil in gewaltigen erratischen Blöcken abgelagert, gleichzeitig hatten die Gletscher der Alpen erheblich weitere Ausdehnung nach Norden als heute. Das Tertiär der preußischen Provinz Sachsen und der benachbarten Gebiete birgt wertvolle Braunkohlenflöze. Nur ganz vereinzelt tauchen aus dem norddeutschen Diluvium inselartige Kuppen älterer sedimentärer Bildungen auf, die bekanntesten dürften die Kreidefelsen des östlichen Teiles der Insel Rügen und die Rüdersdorfer Kalkberge nahe bei Berlin sein.

Das Vorkommen der benutzbaren Mineralien.

Schon bei der Beschreibung des allgemeinen Baues und der Entstehung unserer Erdrinde sind eine größere Anzahl von Gesteinen genannt worden, die in der Technik und im Gewerbe Verwendung finden. Aus ihrer großen Zahl wählen wir die Bausteine und das Material zur Anlage unserer Straßen. Auch wurde schon eine Anzahl nutzbarer Mineralien genannt, die in so großer Menge, wenn auch nur örtlich beschränkt, auftreten, daß wir sie zu den gesteinbildenden Mineralien rechnen: so die **Steinkohlen** bei Besprechung der nach ihnen genannten Steinkohlenformation, die **Braunkohlen** des Tertiär, **Steinsalz** und **Gips**, die z. B. in der deutschen Trias in ausgedehnten Massen vorkommen, die **Kalksteine** (einschließlich Marmor) und andere mehr.

Die meisten verwendbaren Mineralien treten jedoch auf der Erdoberfläche in verhältnismäßig so geringen Mengen auf, daß ihre Masse, verglichen mit derjenigen der übrigen Gesteine verschwindend klein erscheint. Trotzdem sind sie wegen ihres hohen Wertes von der größten Bedeutung und müssen hier ausführliche Erwähnung finden, da sie es sind, die in den allermeisten Fällen den Gegenstand des Bergbaues bilden. Anhäufungen verwendbarer Mineralien, deren bergmännische Bearbeitung lohnt, nennen wir **Lagerstätten**: Dieselben sind nach Form, mutmaßlicher Entstehung und Mineral-



65. *Formen der Lagerstätten.*
a Flöz, b Lager, c Oberflächliches Lager, d Gang, e Gangtrum, f Stock, g Imprägnation, h Kontaktlagerstätte, i Seife.

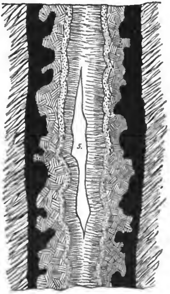
führung von sehr großer Mannigfaltigkeit, doch können wir recht wohl einzelne charakteristische Gruppen unterscheiden. In Abb. 65 sind die wichtigsten Formen zusammengestellt, wir bezeichnen sie als Flöze und Lager, Gänge, Stöcke, Imprägnationen und Seifen. Lagerstätten, welche auf der Berührungsfläche — dem Kontakt — zweier verschiedener Gesteine vorkommen, heißen Kontaktlagerstätten, z. B. h in der Abbildung.

Solche Lagerstätten, welche als eine Schicht im geschichteten Gebirge aufzufassen sind, nennen wir **Flöze**, wenn sie sich über sehr große Flächen erstrecken (a in Abb. 65), wir pflegen sie **Lager** zu nennen, b, wenn ihre Ausdehnung in der Ebene der Schichtung kleiner ist und der Querschnitt daher die Form einer langgestreckten Linse hat. Jedoch bindet sich der Sprachgebrauch nicht immer an die Unterscheidung und braucht beide Bezeichnungen ziemlich gleichbedeutend. Die Stein- und Braunkohlenflöze, die goldführenden Konglomerate Transvaals, das Mansfelder Kupferschieferflöz, die Konglomerate des Oberen Sees in Nordamerika mit ihrer Führung von gediegenem Kupfer sind ausgezeichnete Beispiele für Ablagerungen von großer Erstreckung. Dagegen sind als eigentliche Lager von Linsenform z. B. die Anhäufungen von Schwefel- und Kupferkiesen zu betrachten, die sich im südwestlichen Spanien von **Rio Tinto** und **Tharsis** bis nach Portugal hinein erstrecken. Es liegen hier eine größere Anzahl solcher ausgedehnter Erzlinsen über einen Raum von etwa 200 km Länge und 50 km Breite verteilt, derartiges Vorkommen nennt man auch **Lagerzug** im Gegensatz zu einzeln auftretenden Lagern, wie z. B. das Erzlager am Rammelsberg bei Goslar. Die Mineralführung der Flöze und Lager ist

meistens eine sehr viel regelmäßigere und ihre Mächtigkeit eine mehr gleichbleibende als diejenige der noch zu erwähnenden Gänge. Auf Lagern kommen namentlich Eisen-, Kupfer-, Zink-, Blei- und Golderze vor; neben den Erzen wird die Hauptmasse der in den Gneisen und Glimmerschiefern auftretenden Lager aus den gesteinbildenden Mineralien gebildet, während in denjenigen Lagern, welche im eigentlichen geschichteten Gebirge vorkommen, kieselige, thonige und kalkige Massen die Erze begleiten.

Als jüngste, noch in der Bildung und daher an der Oberfläche befindliche Lager sind die Torfmoore (c in der Abb. 65) zu bezeichnen.

Gänge sind wieder ausgefüllte Spalten in der festen Erdrinde. Wir haben weiter oben erörtert, daß solche Spalten, wie wir sie sehr häufig im Gebirge finden, durch mannigfache Ursachen entstehen, namentlich wohl durch die Spannungen, welche sich bei der allmählichen Abkühlung unseres Erdkörpers in der die Oberfläche bildenden Gesteinsschale geltend machen; auch durch Erdbeben und manche örtlichen Ursachen werden sie veranlaßt. Viele solcher Spalten sind durch feurigflüssige aufsteigende Gesteinsmasse ausgefüllt worden, wir nennen sie **Gesteinsgänge**; fast alle eruptiven Gesteine: Granite, Porphyre, Basalte u. s. w. treten auch in Gangform auf. Andere Spalten füllen sich bald vollständig durch Sand, Gerölle oder Schlamm aus, welche von der Oberfläche hineingelangen oder, falls die Spalte in weicheren Gesteinen entstanden ist, auch durch Gesteinsmassen, die sich an den Spaltenwänden lösen. Namentlich im Kohlengebirge hat der Bergbau viele solcher Spalten nachgewiesen, sie haben verschiedene Namen z. B. am Harz **Ruschel**, im Wurmrevier, wo sie bis zu 40 m mächtig sind, **Gewand** oder **Biß**. Manche Spalten schließen sich auch wohl sofort nach der Entstehung fast vollständig, sie heißen **Klüfte**.



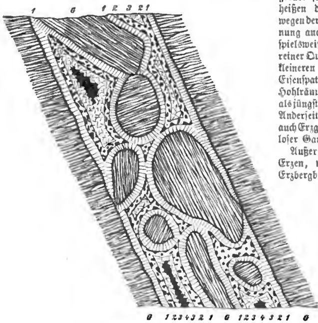
G. 1. 2. 3. 4. 3. 2. 1. G.

66. Lagenförmige Gangfüllung.

Auf vielen Spalten, namentlich in festeren Gesteinen, finden wir aber auch Anhäufungen von Mineralien und Erzen, und zwar zeigen dieselben meistens krystallinisches Gefüge; sie heißen **Erzgänge** und bilden an sehr vielen Orten den Gegenstand des Bergbaues. Aus mancherlei Beobachtungen schließen wir, daß diese Spalten lange Zeit hindurch in der Hauptsache offen blieben etwa dadurch, daß einzelne feste Gesteinsstücke in dieselben hineinstürzten und sich darin festsetzten. Sodann bildeten sich auf ihnen Thermalquellen, welche mannigfache Mineralsubstanzen gelöst enthielten und diese bei ihrem Aufsteigen infolge Druck- und Temperaturverminderung, auch durch chemische Wechselwirkung zwischen dem Gestein und dem Mineralwasser in krystallinischer Form ausschieden. Über den eigentlichen Ursprung der Mineralsubstanz herrschen verschiedene Ansichten, von denen wahrscheinlich jede für einzelne Fälle berechtigt ist. Entweder wird nämlich angenommen, daß die Mineralsubstanzen aus uns unzugänglichen Tiefen heraufgebracht werden, anderseits findet aber auch die Ansicht Anhänger, daß die Thermalwässer dem Gestein, in dem die Gangspalten entstanden sind, die als Ausfüllung der letzteren vorkommenden Stoffe entnehmen.

Die Gründe zu diesen Annahmen ergeben sich daraus, daß thatsächlich viele Thermalquellen auf Mineralgängen entspringen, daß die Entstehung von Mineralneubildungen in der geschilderten Weise mehrfach beobachtet wird und daß die Art der Ausfüllung der Erzgänge in parallelen, symmetrisch zu den Spaltenwänden (auch **Saalbänder** genannt)

angeordneten Lagen sich kaum anders als durch allmähliche Auskrystallisation aus Lösungen erklären läßt, die Krystalle sind immer auf dem Gestein aufgewachsen und ragen mit ihren Krystallflächen in den Gang hinein. Die Abb. 66 zeigt eine derartige Gangfüllung, und zwar liegt in diesem Falle auf dem Gestein G zunächst Zinkblende 1, darauf hat sich Braunspat 2, dann Schwefelkies 3 und endlich Quarz 4 abgelagert. Die Gangspalte ist hierdurch noch nicht vollkommen ausgefüllt worden, es ist vielmehr ein Hohlraum 5 verblieben, den wir *Druse* oder *Drusenraum* nennen, er ist begrenzt durch die Spitzen der Quarzkrystalle. Auch die konzentrisch lagenförmige Gangfüllung Abb. 67 deutet auf den gleichen Vorgang hin. Hier sind einige Gesteinsstücke G in die Spalte hineingestürzt, und dann haben sich die Mineralien an den Spaltenwandungen und auf den Bruchstücken abgesetzt, so daß konzentrische Lagen entstehen. Diese Erzvorkommen finden sich nicht gerade selten am Harze und heißen dort Ringelerz und wegen der Ähnlichkeit der Zeichnung auch Kokardenerz. Beispielsweise ist die Lage 1 reiner Quarz, 2 Eisenspat mit kleineren Erzpartien, 3 reiner Eisenspat, die verbliebenen Hohlräume hat Bleiglanz, 4, als jüngste Bildung ausgefüllt. Anderseits kommen allerdings auch Erzgänge mit völlig regelloser Gangausfüllung vor.



67. Konzentrisch lagenförmige Gangfüllung (Ringelerz).

Außer vielen verschiedenen Erzen, welche im Abschnitt Erzbergbau näher beschrieben sind, finden sich auf den Gängen, der Menge nach zuweilen überwiegend, der Zahl der Spezies nach jedoch zurücktretend, andere nicht zu den Erzen gehörige Mineralien, die wir *Gangarten* nennen. Am häufigsten tritt der uns bereits als gesteinbildendes Mineral bekannte Quarz auf, sodann kohlensaure Verbindungen mehrerer Metalle: kohlensaurer Kalk als *Kalkspat* und als *Aragon*, zwei Mineralien von chemisch gleicher Zusammensetzung, die sich jedoch durch die Krystallform unterscheiden, ferner kohlensaures Mangan oder *Manganspat*, schön rosarot gefärbt, der auch unter den Eisenerzen genannte erbsengelbe *Eisenspat*, kohlensaures Eisenoxydul, und der *Braunspat*, eine Mischung aus den genannten Verbindungen in sehr verschiedenen Mengenverhältnissen. Dazu kommt von häufigeren Gangarten nur noch Baryt oder Schwerspat, das Sulfat der Baryterde (Abb. 68 zeigt eine hübsche Gruppe garbenförmiger Krystallanhäufungen), und Flußspat, Fluorcalcium, er krystallisiert gewöhnlich in Würfeln und kommt in allen Farben vor.

Die Erze fast aller Metalle finden sich auf den Gängen, jedoch nicht wirr und unregelmäßig zusammen. Es scheint vielmehr, als ob sich bestimmte Mineral-Vergesellschaftungen immer wiederholen, so Bleiglanz, Schwefelkies, Zinkblende und Quarz. Diese

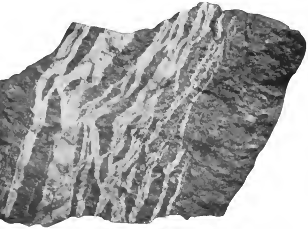
Mineralkombination ist unter dem Namen kiesige Bleiformation bekannt. Gediegen Gold findet sich meistens zusammen mit Quarz und Schwefelkies, Zinnerz kommt begleitet von Wolfram, Molybdänglanz, Arsenkies, Quarz und Flußspat vor, dazu gesellen sich als seltenere Gangarten Glimmer, Topas und Apatit, welches zuletztgenannte Mineral aus phosphorsaurer Kalkerde besteht. Die verschiedenen Kupfermineralien füllen gewöhnlich Gänge für sich aus.



68. Schwerspat in garbenförmig gruppierten Krystallen von Freiberg. (1/3 natürl. Größe.)

Viele Gänge bilden eine ausgesprochene Hauptspalte, und es gibt solche, die auf mehrere Kilometer im Streichen und auf mehr als 1000 m im Fallen bekannt sind. Die Mächtigkeit steigt bis zu mehreren Metern, ja, wenn auch selten, bis zu 40 m. Anderseits kommen aber auch Gänge vor, die aus einer größeren Zahl kleiner Spalten bestehen. Da man jede kleinere Spalte ein Trum nennt (die Einzahl von die Trümer), so sagt man auch, ein solcher Gang besteht aus Trümern, oder er ist zertrümmert (Abb. 69). Während die Freiberger Gänge meistens aus einer Hauptspalte bestehen, sind die sehr mächtigen Oberharzer Gänge oft stark zertrümmert. Es kommt auch nicht selten vor, daß sich ein einheitlicher Gang in mehrere Zweige teilt, jeden derselben nennt man ein Gangtrum; e in der Abb. 65 S. 52 ist ein solches.

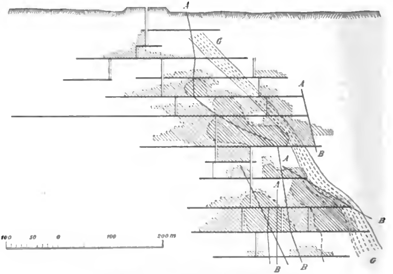
Die Erzführung der Gänge ist sehr unregelmäßig, nicht nur, daß Erze, Gangarten und Stücke des Nebengesteins in sehr verschiedenen Verhältnissen an der Gang-



69. Zertrümmerter Gang.

ausfüllung teilnehmen, es gibt viele Teile des Ganges, welche kein Erz führen, man sagt, der Gang ist taub. Auch die Mächtigkeit der Gangspalte wechselt außerordentlich; es kann vorkommen, daß bei einem Gange, der an einer Stelle 1 m mächtig ist, wenn man ihn einige Meter weiter verfolgt, die Wandungen der Spalte dicht aneinander rücken, so daß die Gangfüllung ganz verschwindet. Die Erz führenden Partien des Ganges nennt

man **Erzmittel**, die übrigen **taube Mittel**. Leider gibt es keine allgemein gültigen Regeln über die Verteilung der Erzmittel auf den Gängen. Bei manchen Bergbauen ergibt allerdings die Erfahrung einen gewissen Zusammenhang mit dem **Gebirgsbau**, so tritt in einem Feldteile der Grube Himmelsfürst bei Freiberg im Gneis eine Glimmerschieferzone auf, G in Abb. 70, und es scheint, daß die Erzführung der Gänge im Liegenden dieser Zone am reichsten sei. In der Abbildung sind die Schächte durch **doppelte**, die Strecken durch wagerechte starke Linien bezeichnet, die abgebauten Erzmittel sind schraffiert und die reichsten Stellen durch stärkere Schraffierung hervorgehoben, die **weißgelassenen** Flächen sind erzleer. Die Linien A B bezeichnen die Schnittlinien mit anderen Gängen; man nennt sie Kreuzlinien oder **Gangkreuze**. Ein anderes Beispiel über die Erzführung und zugleich die Zertrümmerung eines Ganges gibt Abb. 71 und zwar im Profil. Auch hier sind die erzleeren Gangteile weiß gelassen, die Erzführung ist durch stärkere Linien



70. Verteilung der Erze auf einem Gange (Flacher Riß).

angedeutet, welche der Hauptrichtung des Ganges folgen, während die bereits abgebauten Erzmittel außerdem durch Schraffierung hervorgehoben sind.

Bei manchen Gangbergbauen pflegen die Kreuze besonders reich zu sein, so kommen auf ihnen im Freiberger Revier zuweilen reiche Silbererze in größeren Mengen vor, auch auf Kreuzen solcher Gänge, die an und für sich keine edlen Silbererze führen. Man nennt diese Erscheinung Veredelung des Ganges.

Gewöhnlich tritt eine größere Zahl von Gängen zusammen auf; folgen sie in der Hauptsache einer Richtung, so spricht man von einem **Gangzuge**, haben die Gänge verschiedene Richtung, so daß sie sich kreuzen, so nennt man sie wohl auch **Netzgänge**. Die Oberharzer Gänge bilden einen großen Gangzug, während die Freiberger Gänge sich mehrfach kreuzen (vgl. den Abschnitt über Silber).

Ein Wechsel in der Erzführung der Gänge findet nicht selten von der Oberfläche nach der Tiefe zu statt, und zwar haben einerseits am Ausgehenden Umwandlungen der geschwefelten Erze stattgefunden, anderseits kommt es zuweilen auch vor, daß in der Tiefe eines Ganges die Erze eines anderen Metalles vorherrschen, als nahe der Oberfläche.

Die Zone am Ausgehenden des Ganges, bis zu der die Zersetzungen eingetreten sind — diese Erscheinung kommt aber auch bei allen anderen Erzlagerstätten vor — nennt

man den „Eisernen Hut", da die Gangfüllung gewöhnlich eine von den oxydischen Verbindungen des Eisens herrührende braungelbe Farbe angenommen hat; sie reicht erfahrungsgemäß bis auf den Grundwasserspiegel herab und pflegt daher im Hochgebirge ausgedehnter zu sein als im Mittelgebirge. Es wurden im eisernen Hut durch den Einfluß der Atmosphäre und des Wassers die Schwefelmetalle umgewandelt. So finden wir bei den Goldgängen am Ausgehenden Freigold, während in größerer Tiefe das Gold meistens als Schwefel- oder Tellurverbindung vorhanden ist, auf Silber-, Blei- und Kupfererzgängen finden wir im eisernen Hut Chlor-, Brom- und Jodsilber und die große Zahl der Blei- und Kupfersalze statt der geschwefelten Erze. Da sich Freigold und die genannten Silberverbindungen durch den einfachen Prozeß der Amalgamation hüttenmännisch gewinnen lassen, während die Schwefelverbindungen durch umständlichere Verfahren behandelt werden müssen, pflegt der Bergbaubetrieb in den oberen Tiefen besonders lohnend zu sein, zumal auch die Kosten für Förderung und Wasserhebung niedrig sind. Es hat daher das alte Sprichwort eine gewisse Berechtigung:

Es thut kein Gang so gut —
Er hätte denn einen eisernen Hut.

Für die Änderung der Metallführung nach der Tiefe zu seien hier die folgenden beiden Beispiele angeführt: Auf Bleierzgängen nimmt nach der Tiefe hin zuweilen der Gehalt an Zinkblende zu, welcher die Verschmelzung erschwert; auf den Zinnerzgängen von Cornwall beobachtet man in größeren Tiefen eine Abnahme der Zinnerze, und es treten mehr und mehr Kupfererze auf.

Nach dem Vorstehenden hat die oft angewendete Redensart praktischer Bergleute „in der Tiefe wird der Gang besser werden" keine Berechtigung, es wechseln sowohl in horizontalem als auch in vertikalem Sinne taube Mittel mit Erzmitteln ab, und jene Phrase dürfte daher entstanden sein, weil das Vordringen in die Tiefe für den Bergbau mit viel mehr Schwierigkeiten, namentlich wegen der Wasserhebung, verknüpft ist, als die Ausbreitung der Baue in wagerechter Richtung. Jenes Wort, welches in der schwer zugänglichen Tiefe Schätze verheißt, soll zum Vordringen trotz der erhöhten Schwierigkeiten anspornen.



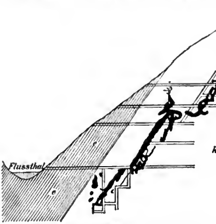
71. Profil durch den Hauptgang der Grube Bergmannstrost in Clausthal.

Während die Mineralführung der Flöze und Gänge in der Hauptsache einer Ebene folgt und sich bei geringer Mächtigkeit im Streichen und Fallen der Lagerstätten ausdehnt, haben die Stöcke oder stockförmigen Lagerstätten (f Abb. 65 S. 52) bei scharfer Begrenzung gegen das Nebengestein nach allen Richtungen hin größere Ausdehnung, ihre Abmessungen schwanken außerordentlich, auch ihre Entstehung ist sehr verschiedenartig. Es mögen hier einige bezeichnende Beispiele folgen:

Die diamantführenden Stöcke Südafrikas (vgl. das im Abschnitt Edelsteine über den Diamanten Gesagte) sind vulkanische, tuffartige Gesteine, in denen die Diamantkrystalle eingewachsen sind. Die Blei- und Zinkerze enthaltenden Stöcke im Kalk- und Dolomit-

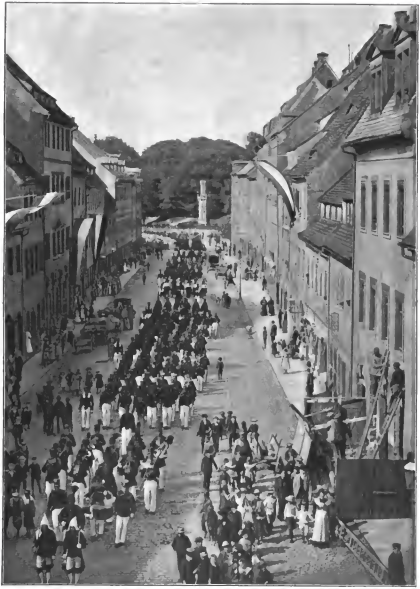
gebirge, z. B. der Alpen sind als Füllungen von Höhlenzügen zu betrachten, zu deren Bildung gerade in diesen leicht löslichen Gesteinen am meisten Gelegenheit gegeben ist, Abb. 72 zeigt als Beispiel einen Schnitt durch die Erzstöcke von Raibl in Kärnten. Manche Galmeilagerstätten (kohlensaures und kieselsaures Zinkoxyd) dürften dadurch entstanden sein, daß Thermalwässer, von Spalten und Rissen im Kalksteine aus, diesen allmählich auf größere Erstreckung in die entsprechende Zinkverbindung umgewandelt haben, denn es finden sich allmähliche Übergänge von kohlensaurem Zinkoxyd in kohlensauren Kalk. Endlich sind manche ursprünglich geschichteten Gebirgsmassen durch seitlichen Druck zu unregelmäßig stockförmigen Massen zusammengeschoben worden, z. B. die Salzlagerstätten der nördlichen Kalkalpen (vgl. im Abschnitt Salzbergbau den Sinkwerksbetrieb). Wie aber auch die Entstehung der Stöcke sein mag, meistens sind sie scharf umgrenzt.

Als Imprägnationen endlich bezeichnen wir Zonen im Gestein, in denen nutzbare, dem Gestein sonst fremde Mineralien in zahlreichen größeren und kleineren Körnern auftreten — man sagt, das Mineral ist im Gestein eingesprengt. Diese Zonen gehen allmählich in das gewöhnliche Gestein über, sind also nicht scharf begrenzt. In der Abb. 65 S. 52 ist beim Buchstaben g eine Imprägnation angedeutet. Je nach der ungefähren Form unterscheiden wir stock-, gang- und lagerförmige Imprägnationen. Zinnerze finden sich häufig in dieser Weise. Als lagerförmige Imprägnationen kann man diejenigen Gneise und Glimmerschiefer Skandinaviens auffassen, in denen nickelhaltige Schwefelkiese, Kobalterze und Kupferkiese eingesprengt sind. Man nennt diese Lagerstätten, welche in Mächtigkeiten von über 100 m vorkommen, Fahlbänder.



72. Profil durch die Erzstöcke von Raibl in Kärnten. Nach Posepny.
c Schiefer, k Kalkstein.

Durch die Verwitterung des Ausgehenden anderer Lagerstätten sind die Ablagerungen entstanden, die mit dem Namen Seifen bezeichnet werden. Sie finden sich an Thalgehängen, in Flußläufen und im jüngeren geschichteten Gebirge und bestehen aus Gesteinsschutt, in dem nutzbare Mineralien enthalten sind. Zum Teil liegen die Seifen noch am Orte ihrer Bildung, also z. B. dort, wo eine goldführende Lagerstätte an die Oberfläche tritt, zum Teil jedoch sind die zersetzten Massen durch das Wasser weiter fortgeführt und dann wieder abgelagert worden, ähnlich wie das Material der sämtlichen geschichteten Gesteine. Die leicht zersetzlichen und zerreiblichen Bestandteile wurden dabei mehr zerkleinert als die harten Mineralien, und außerdem setzten die schweren Mineralien dem Fortschwemmen durch das Wasser den größten Widerstand entgegen. Wir finden daher in den Seifen die schwersten und die härtesten Bestandteile der ursprünglichen Lagerstätten, das sind von gediegenen Metallen Gold und Platin, von Erzen am häufigsten Zinnerz und Magneteisenerz, außerdem von Edelsteinen, Diamant, Korund, Spinell, Topas. Die Seifen sind an diesen Mineralien reicher als die ursprünglichen Lagerstätten, da die zersetzbaren Bestandteile vom Wasser fortgeführt wurden, auch sind sie leichter zu bearbeiten als diese, da die natürliche Verwitterung die für die bergmännische Aufbereitung gewöhnlich nötige Zerkleinerung bewirkte. Der Abbau von Seifen ist namentlich für die Gewinnung von Gold, Zinnerz und Edelsteinen von der größten Bedeutung.



73. Bergparade in Freiberg. (Zu S. 64.)
Nach Aufnahme von H. Müller, Freiberg.

Abbauwürdigkeit der Lagerstätten.

Die Frage, welche sofort nach dem Auffinden einer Lagerstätte gestellt zu werden pflegt, ist die, ob der Abbau rentabel sein werde, ob die Lagerstätte abbauwürdig sei. Namentlich wenn die Ausdehnung und Mineralführung der Lagerstätte genügend bekannt ist, wird zuweilen mit aller Bestimmtheit diese Frage bejahend beantwortet werden können. So unterliegt es keinem Zweifel, daß bei voraussichtlich genügendem Absatze der Abbau eines 2 m mächtigen Steinkohlenflözes gewinnbringend sein wird; oder daß eine ausgedehnte Goldseife mit mehreren Gramm Gold auf 1 t abbauwürdig ist. Wenn jedoch die Mächtigkeit einer Lagerstätte oder der Metallgehalt erheblich sinkt, so kann die Frage nach einer zu erhoffenden Rentabilität nur unter Berücksichtigung aller einschlagenden Verhältnisse beantwortet werden, und es muß hierbei mit aller Vorsicht verfahren werden, besonders deshalb, weil gerade die letzten Jahrzehnte wiedergelehrt haben, daß auch die bergmännischen Produkte jenen Preisschwankungen unterliegen, die durch Angebot und Nachfrage auf allen Gebieten industrieller Thätigkeit bedingt sind.



74. Freiberger Obersteiger in Paradeuniform.

Im allgemeinen ist hervorzuheben, daß solche Bergbaubetriebe, denen große Mengen, wenn auch minderwertiger, Mineralien zur Verfügung stehen, günstiger gestellt zu sein pflegen, als diejenigen, bei denen wertvolle Erze, jedoch in kleinen Mengen vorkommen. Es gilt dies namentlich vom Gangbergbau auf Gold und edle Silbererze, der durchaus nicht immer der ertragreichste ist.

Schließlich mögen einige Beispiele solcher Bergbaubetriebe, die trotz der Armut der Lagerstätten gute Erfolge erzielen, angeführt werden: Am Deister bei Hannover bauen einige Gruben auf einem einzigen, im Mittel nur 30 cm mächtigen Steinkohlenflöze; bei den derzeitigen hohen Kohlenpreisen, dem Mangel an Steinkohlen und der großartigen Entwickelung der Industrie in der dortigen Gegend erzielen dieselben Betriebsgewinne.

Es ist bekannt, daß die Mansfelder kupferschieferbauende Gewerkschaft auf einem im Mittel nur etwa 12 cm mächtigen Flöze baut, dessen Kupfergehalt nur 3 % beträgt und dessen Silbergehalt zwischen 0,01—0,015 % schwankt. Aber dieser Metallgehalt ist ein auf sehr große Flächen nahezu gleichbleibender und trotz mancher Schwierigkeiten hat der Betrieb hohe Gewinne ergeben (vgl. den Abschnitt über Kupferbergbau).

Auch der erzgebirgische Zinnerzbergbau hat trotz des geringen Zinngehaltes seiner Erze, der nur 0,3 % beträgt, gute Erträge gegeben und zwar 400 Jahre lang, bis durch die Konkurrenz Ostindiens der Preis immer mehr gedrückt wurde.

Der Bergmann und sein Beruf.

Das 19. Jahrhundert, welches nun zur Neige geht, hat durch das viele Neue, das es geschaffen, nicht nur umgestaltend, sondern in gar vieler Beziehung ausgleichend gewirkt. Die verschiedenen Berufsarten sind einander näher getreten, entfernte Orte sind längst in das Getriebe der großen Welt hineingezogen worden und auch die Bergleute haben, nicht zum Nachteil ihres Standes, manche ihrer aus grauer Vorzeit stammenden Eigentümlichkeiten eingebüßt, namentlich nachdem der jüngere Bruder des Erzbergbaus, der Kohlenbergbau in vielen Ländern immer mehr in den Vordergrund getreten ist. Dennoch ist dem Bergmannsstande manches geblieben von altem Herkommen; und wie könnte das anders sein, zählt doch seine Geschichte auch in unserem engeren Vaterlande weit mehr als ein halbes Jahrtausend, war doch der Bergbau lange Zeit hindurch die einzige ständige Großindustrie, entwickelte er doch zuerst den Maschinenbau durch die großartigen Anlagen seiner Künste und erwuchsen ihm doch zuerst jene Fragen, welche in der Neuzeit überall dort brennend geworden sind, wo größere Mengen von Arbeitern beschäftigt werden.



75. Freiberger Häuer und Schmied in Paradeuniform.

Schon vor Jahrhunderten kannte der Bergbau Arbeitseinstellungen und Kämpfe um Lohn und Arbeitszeit. Schon zeitig ist in der Gewerkschaft das gemeinsame Zusammenwirken von Unternehmern (Gewerken) zur Verringerung des Risikos bei Beschaffung großer Betriebsmittel und die gegenseitige Unterstützung der Arbeitgeber und Arbeitnehmer gegen Krankheit und Arbeitsunfähigkeit der letzteren ausgebildet worden, also jener Gesichtspunkt, der heute einen der wichtigsten Zweige unserer Volkswirtschaft ausmacht.

Im Mittelalter war außer dem überseeischen Handel der Bergbaubetrieb das vornehmlichste Mittel, um in kurzer Zeit Reichtümer zu erwerben; Fürsten und Handelsherren wandten sich ihm mit großer Vorliebe zu. So konnte es denn nicht fehlen, daß Bergbeamte und Bergleute schon frühzeitig in hohem Ansehen standen, daß sich aber auch, zumal in entlegenen Gegenden, ein gewisser Kastengeist entwickelte, mit dem das Geheimhalten wertvoller Kunstfertigkeiten Hand in Hand ging; waren doch Bergbau und Hüttenbetrieb bis in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts zum größten Teile auf praktische Erfahrung gegründet, die von Generation auf Generation forterbte.

Die Arbeit in den Gruben und Hütten ist nicht leicht, aber sie bietet gegenüber vielen anderen Gewerben den großen Vorteil eines gleichmäßigen Verdienstes das ganze

Jahr hindurch, unabhängig von den Jahreszeiten und Witterungsverhältnissen. Die Eigenart der Bergarbeit erfordert einen hohen Grad von Erfahrung, von Umsicht und Entschlossenheit, um die Gefahren zu vermeiden oder ihnen zweckentsprechend zu begegnen. Zielbewußt muß der Bergmann seine Arbeiten planen auf viele Jahre, ja selbst auf Jahrzehnte hinaus, und wenn er auch gehoben wird durch das Bewußtsein, daß treue und ausdauernde Arbeit zum Erfolge führt, so bleibt er doch demütig in der Erkenntnis, daß die Naturgewalten mächtiger sind als menschliches Können. Wohl wahrt sich mancher trotz angestrengter Thätigkeit ein offenes Herz für die Eindrücke des Lebens, aber die einförmige Arbeit des Bergmannes ist auch ganz dazu geschaffen, um ernste, stille, abgeschlossene Männer zu erziehen, die an dem Gewohnten mehr hängen und von dem Neuen weniger berührt werden als andere Stände.



76. Steigerhäckchen und Barte mit Schnitzerei.
(Erzgebirgische Arbeit.)

Die Arbeiter einer Grube sind weit mehr als in anderen Industrien aufeinander angewiesen, daher ist dem Bergmannsstande ein hochentwickeltes Gefühl der Zusammengehörigkeit eigentümlich, das im Falle einer Gefahr für den einzelnen oder für die Grube nie versagt. So bedauerlich die großen Unglücksfälle sind, von denen der Bergbau von Zeit zu Zeit betroffen wird, durch die viele Menschenleben auf einmal vernichtet werden, so erscheint doch die Ausdauer und Aufopferung der Beamten und Kameraden, um Verunglückten oder Bedrohten schnelle Hilfe zu bringen, als ein wohlthuender Lichtpunkt inmitten des Unheils.

Es möge hier an einige der letzten größeren Unfälle erinnert werden: Es ist noch frisch in der Erinnerung, daß am 18. Juli 1898 25 Mann in dem zum oberschlesischen Steinkohlenreviere gehörigen Gotthardschachte durch Lösung des Seiles vom Fördergestelle in den Schacht stürzten und gemeinsam den Tod fanden; die vorhandene und kürzlich erst auf guten Zustand geprüfte Fangvorrichtung versagte ihren Dienst. — Am 22. Mai kamen auf der Zeche Zollern bei Dortmund in den durch einen Grubenbrand entstandenen giftigen Gasen 43 Arbeiter ums Leben. — Am 17. Februar verlor die Grube Vereinigt Carolinenglück bei Hamme, Westfalen, 120 Mann ihrer Belegschaft infolge einer Schlagwetter- und Kohlenstaub-Explosion, es war dies eine der folgenschwersten Explosionen beim preußischen Bergbau. — Endlich sei noch an das größte Massenunglück erinnert, das den Bergbau je betraf: der Grubenbrand im Maria-Schachte zu Pribram am 31. Mai 1892, der 319 Bergleuten den Tod brachte.

Wenn man an diese Unglücksfälle denkt, so drängt sich unwillkürlich die Frage auf, gibt es keine ausreichenden Mittel gegen diese Gefahren und werden die vorhandenen richtig angewendet? Darauf kann mit vollem Rechte geantwortet werden, daß in den letzten Jahrzehnten vom Bergbau selbst und von den beaufsichtigenden Behörden außerordentlich viel geschehen, auch erreicht worden ist. Die vorhandenen Sicherheitsvorkehrungen reichen auch für gewöhnlich aus, leider aber führt trotz aller Vorsicht zuweilen ein unglückliches Zusammentreffen von Zufälligkeiten das Unglück herbei, oder es wird wohl auch die Unachtsamkeit eines Arbeiters für viele verhängnisvoll. So ist der Pribramer Grubenbrand dadurch veranlaßt worden, daß der noch brennende Rest eines Lampendochtes unvorsichtigerweise fortgeworfen wurde und die trockene Schachtzimmerung hierdurch Feuer fing.

Der deutsche Bergmann ist eine wohl bekannte Gestalt in unserem Volksleben. Er hat, namentlich in den alten Revieren des Erzbergbaues, nicht nur für die Arbeit auf der



77. Bergwerk in alten Zeiten.
Nach Paul Meyerheims Loggienbild „Das Bergwerk“ für die Villa des Geh. Kommerzienrats Borsig in Berlin.

Grube sondern auch für Bergfeste und sonstige feierliche Gelegenheiten noch die althergebrachte Kleidung, bestehend aus Kittel (für die Beamten Puffjacke) und Leder nebst Schachthut, beibehalten. Unsere Abb. 74 u. 75 zeigen die Freiberger Paradetracht eines Obersteigers, eines jungen Häuers und eines Schmiedes. Der Schachthut des Obersteigers ist mit einem Federstutze geziert, außer dem Säbel wird in der rechten Hand das Steigerhäckchen getragen, um beim Salutieren an den Schachthut geführt zu werden; der junge Häuer trägt eine Bergbarte, das Breitbeil in alter Form. Diese Paradestücke (Abb. 82 u. 83) finden sich, jetzt allerdings selten, auch reich verziert mit Schnitzarbeit auf Knochen und zwar aus der Zeit bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts zurück. Der fromme Sinn des Bergmannes hat die Barten regelmäßig mit dem Bilde des Heilandes am Kreuze geziert, daneben befinden sich anbetende Bergleute. Das abgebildete Stück vom Jahre 1720 trägt am Kruzifix die Umschrift:

Mein Grubenlicht soll Jesus sein,
so fahr' ich fröhlich aus und ein.

Die übrigen Darstellungen sind außer dem sächsischen Wappen und den Insignien des Bergbaues technischer Art. Zwei leichter verständliche Umschriften an den Schnitzereien mögen hier mit Richtigstellung der Rechtschreibung noch Platz finden:

Hier findet man reich gültig Erz,
hier bricht nur Blende, Kies und Querz.

(Querz statt Quarz) und weiter:

Der Bergmann folgt des Steigers Wort,
so bricht gut Erz vor diesem Ort.

Auch an Grubenlampen finden sich solche fromme Sprüche, z. B. — ebenfalls mit jetziger Rechtschreibung —

In Frieden laßt uns fahren ein,
Gott will uns führen in sein Reich,
Uns helfen aus und ein
Und schützen Weib und Kind zugleich.

Daß der Bergbau bei den mancherlei Gefahren, die er mit sich bringt, in katholischen Ländern hilfespendende Heilige verehrt, kann nicht wunder nehmen. An den meisten Orten ist die heilige Barbara die Schutzpatronin, in Böhmen wird Procop als Schutzheiliger verehrt. In der Kirche zu Dudweiler findet sich ein treffliches Altarbild des kürzlich verewigten Professors A. von Heyden, welches die heilige Barbara darstellt, wie sie einem im Schachte verunglückten Knappen tröstend das Sterbesakrament reicht. Von Heyden war Bergmann von Beruf und hat erst im vorgeschrittenen Alter die Palette mit dem Leder vertauscht.

Die bergmännischen Feste fallen meistens auf den Namenstag des Heiligen, so auf den Barbaratag am 4. Dezember; in Freiberg wird als jährlich wiederkehrender Festtag der 22. Juli (Maria Magdalena) durch Bergparade (Abb. 73 S. 59), Gottesdienst und Bergbier gefeiert. Zahlreiche Fremde, besonders aus dem nahen Dresden, pflegen dem bergmännischen Schauspiele beizuwohnen.

Bei der Romantik, die der Arbeit des Bergmannes eigen ist, hat es nicht an Künstlern und Schriftstellern gefehlt, die es versucht haben, weiteren Kreisen den Bergbau und sein Getriebe näherzurücken. Zu den ältesten Arbeiten dieser Art gehören die hübschen Federzeichnungen E. Heuchlers, des früheren Professors an der Freiberger Bergakademie „Die Bergknappen in ihrem Berufs- und Familienleben.“ Mehrere unserer Abbildungen sind diesem Werke entnommen. Freilich gibt in neuerer Zeit die Photographie noch treuere Bilder des Lebens in der Grube. Heinrich Börner hat unter dem Titel „Der Bergmann in seinem Berufe“ 20 Bilder aus den Freiberger Gruben veröffentlicht und etwas später 30 Bilder aus Kohlenwerken (des Plauenschen Grundes bei Dresden), zu den letzteren hat M. Georgi den erläuternden Text geschrieben. Auch von diesen Aufnahmen durften einige in den späteren Kapiteln zur Illustrierung Verwendung finden.



78. Verunglückung durch Hereinbrechen der Firste. Nach dem Gemälde „Treue Kameraden“ von A. v. Heyden im Museum zu Breslau.

Zolas bekannter Roman „Germinal“ spielt in den belgischen Kohlengruben und schildert mit überraschendem Eingehen auf technische Einzelheiten das Leben daselbst; das oberschlesische Steinkohlenrevier hat sich E. Werner im Jahrgange 1873 der Gartenlaube für den Roman „Glückauf“ zum Orte der Handlung ausersehen. Im 20. Jahrgange des Daheim von 1884 schildert der früher schon genannte A. von Heyden unter dem Titel „Heiße Tage“ in Erinnerung an seine eigene bergmännische Thätigkeit die schwierige Bekämpfung eines Grubenbrandes. Unter den darstellenden Künstlern besitzen wir von Paul Meyerheim eine Reihe von sieben Wandgemälden, die Verarbeitung des Eisens darstellend, welche derselbe 1873—75 für das Gartenhaus des Geheimen Kommerzienrats Borsig in Berlin schuf. Unsere Abb. 77 S. 63 gibt von diesen Bildern „Das Bergwerk“ wieder, nicht ein groß angelegtes Werk mit schnaubenden Dampfmaschinen, sondern eine jener kleinen Gruben, wie sie früher so viel bestanden, auf denen jedoch wahre Poesie eine Stätte hatte. Der Schacht des Eisensteinbergbaues, denn um einen solchen handelt es sich, ist nur mit einem notdürftigen Wetterschutz überdacht, die Häuer schicken sich nach der Mittagpause an wieder einzufahren. Von den zwei älteren Leuten stopft der eine bedächtig sein Pfeifchen, der andere verabschiedet sich von seiner Frau, die ihm wohl das Essen gebracht hatte. Dem jungen Knappen, der soeben auf der Fahrt zur Tiefe fährt, ist es gerade recht, daß das Erz von schmucken Weibern gehaspelt wird, da gibt es doch vor und nach der Schicht manch launiges Wort.


79. Bergmann.
Bronzefigur von Prof. Reusch.

Der uns schon bekannte A. von Heyden hat der ernsten Seite des Bergmannslebens seinen Pinsel geliehen und eine Verunglückung beim Kohlenbergbau auf die Leinwand gezaubert, das Bild befindet sich jetzt im städtischen Museum zu Breslau (Abb. 78). Die Firste ist unvermutet unter Dröhnen und Krachen hereingebrochen, die starken Hölzer sind geknickt und das niederstürzende Gestein hat den erfahrenen Häuer schwer verletzt. Noch bröckelt loses Gebirge hernieder, jeden Augenblick können größere Stücke folgen, aber die Kameraden achten der Gefahr nicht, sie bergen den Verwundeten. Grubenbeamte sind herzugeeilt, und auf einem niedrigen, sonst für den Holztransport bestimmten Wagen soll die Beförderung zum Schacht erfolgen, in der Eile wird ein notdürftiges Lager aus Kleidungsstücken hergerichtet. Andere Arbeiter schaffen bereits neues Holz zur Stützung herbei, nur der junge Bursche im Vordergrunde ist vor Schrecken gelähmt, vielleicht tritt ihm das Unglück zum erstenmal so nahe.

Der blühende Bergbau des Oberbergamtsbezirks Halle hat Veranlassung dazu gegeben, den Sitzungssaal des Oberbergamtes in der alten Saalestadt mit Darstellungen zu zieren, welche die wichtigsten Zweige des Bergbaues und Hüttenwesens versinnbildlichen. Klein-Chevalier in Düsseldorf hat sich dieser dankbaren Aufgabe mit viel Geschick entledigt und fünf Bogenfüllungen al fresco geschaffen, welche den Braunkohlentagebau, die Salzgewinnung, den Erzbergbau, den Betrieb der Rüdersdorfer Kalksteinbrüche und das Kupferhüttenwesen im Mansfelder Revier darstellen. Der Salzbergbau (Abbildung auf S. 3) ist versinnbildlicht durch die Gestalt mit der Doppelhaue, das weiße Steinsalz in großen Blöcken hebt sich von dem rötlichen Kalisalz im Vordergrunde deutlich ab. Die Solen-

leitung weist auf den Salinenbetrieb hin, die sitzende Figur ist durch den Dreimaster als Hallore gekennzeichnet. In dem Gerinne fließt salzige Sole, nicht etwa süßes Wasser, denn der kleine Wicht, der die Flüssigkeit kostet, macht ein gar erstauntes, bedenkliches Gesicht. Der Hüttenbetrieb im Oberbergamtsbezirke ist durch das Mansfelder Kupferhüttenwesen zwar nur einseitig, aber desto glänzender vertreten. Die drei Gestalten, die der Maler um den Vorherd gruppiert hat, werden malerisch beleuchtet durch die Glut des Kupfersteines, im Hintergrunde links sehen wir einen durch Eisenschienen verstärkten Schmelzofen, rechts einen dampfenden Röststadel (s. Anfangsbild zur „Hüttenkunde")

Auch der Plastik verdanken wir Kunstwerke, welche ihre Vorbilder dem Bergbau und Hüttenbetrieb entlehnen. Der oben bereits genannte Professor Heuchler hat mehrere kleine Statuetten und Reliefs geschaffen (vgl. Abb. 128, 129 u. 146 S. 95 u. 108). Abb. 79 u. 80 geben Bronzefiguren wieder, welche Prof. Reusch in etwa halber Lebensgröße modelliert hat; durch einen längeren Aufenthalt im Siegerlande wurde der Künstler hierzu angeregt. Der Eisensteinbergmann betrachtet sinnend eine Erzstufe, der Eisenhüttenmann steht im Begriff eine Eisenluppe mit der mächtigen Zange zu fassen. Die beiden markigen Gestalten sind würdige Vertreter ihrer Berufsgenossen.



80. Hüttenmann.
Bronzefigur von Prof. Reusch.

Kunstwerke im kleinen sind die Bergwerksmünzen, welche wichtigen Ereignissen aller Art beim Bergbau ihre Entstehung verdanken. Seit alters stehen ja der Edelmetallbergbau und das Münzwesen in enger Beziehung zu einander, und zahlreich sind die Bergbauorte, an denen zu gleicher Zeit Münzstätten bestanden. Eine wichtige Gruppe dieser Gepräge bilden die sogenannten Ausbeutemünzen, die aus dem erbauten Metall, Gold, Silber, auch Kupfer, gemünzt und zum Teil als Betriebsgewinn an die Gewerken verteilt wurden. Hierher gehören z. B. diejenigen Dukaten, die aus dem Waschgolde deutscher Flüsse geprägt worden sind, es gibt Rheingold-Dukaten pfälzischen und badischen Gepräges, bayrische Dukaten aus dem Gold der Isar, der Donau und des Inn und manche andere seltenere mehr; bekannt sind die preußischen Thaler, die auf der Rückseite die Aufschrift tragen „Segen des Mansfelder Bergbaues." Sächsische Thaler mit der Umschrift „Segen des Bergbaues" sind seit dem letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts bis zum Jahre 1871 fast jährlich geprägt worden. Besonders geschätzt wegen der Schönheit ihres Gepräges sind die Schaumünzen, die als Merkzeichen für die Blütezeit der betreffenden Bergbaue dienen können, die Prägestempel wurden mit ganz besonderer Sorgfalt geschnitten. Aus der großen Zahl dieser Münzen zeigen uns Abb. 81 u. 82 die Ausbeutemedaille der Fundgrube St. Anna bei Freiberg, die noch dadurch erhöhten Wert besitzt, daß auf ihr die frühere Technik des Bergbaues ausgezeichnet zur Darstellung gelangt ist. Wir entnehmen die Beschreibung dieser auch durch künstlerisch vollendete Ausführung und Größe bemerkenswerten Münze in der Hauptsache der bekannten Schrift des k. k. österreichischen Oberbergrats v. Ernst über Bergwerksmünzen. Unter einer hügeligen Gegend, in der sich rechts ein Pferdegöpel mit Tagegebäuden, links ein Schacht mit Handhaspel befindet, ist die Grube im Durchschnitt sichtbar. Im Förderschacht, rechts, wird mittels Kette ein Kübel gefördert, daneben — weiter links — ist ein Kunst-

und Fahrschacht mit doppelten Pumpensätzen dargestellt, das Kunstrad hängt unmittelbar über dem Schachte. Weiter links führt eine Feldstrecke, in der ein Fördermann Karren läuft, zu einem weiteren Schachte, in größerer Tiefe arbeiten sechs Bergleute im Stroßenbau. Die Zimmerung der Grubenräume ist sehr sorgfältig gezeichnet. Über dem Ganzen ragt eine Hand, die eine Münze hält, aus den Wolken.

Auf der anderen Seite ist die romantische Lage der Grube im bewaldeten Thale der Freiberger Mulde dargestellt. Die Altväterbrücke (welche leider vor wenigen Jahren dem Zahne der Zeit zum Opfer gefallen ist), damals noch nicht völlig in Stein vollendet, führt der am rechten Muldenufer gelegenen Grube das Kraftwasser zu. Unter der Altväter-Wasserleitung befindet sich die noch heute vorhandene steinerne Brücke, auf der die Leipziger Straße die Mulde überschreitet. Im Vordergrunde ist eine große Radstube bemerkenswert, von der Stangenkünste zur Grube geführt sind. Im Hintergrunde das Dorf Conradsdorf mit der weithin sichtbaren Kirche. Am oberen Rande die Umschrift in zwei Zeilen: WAS MENSCHENHAND DURCH GOTT THUN KAN | DAS SIEHT MAN HIER MIT WUNDER AN. — Im Abschnitte unten in verzierter Umrandung zwischen Schlegel und Eisen ST. ANNA.



81 u. 82. Ausbeutemedaille der Fundgrube St. Anna bei Freiberg. (3/4 der natürl. Größe.)

Die Medaille kommt mit verschiedener Randschrift vor, es sei hier diejenige mitgeteilt, aus deren Chronogramm — durch Zusammenzählung derjenigen Buchstaben, welche römische Zahlzeichen sind — sich das Jahr der Prägung 1680 ergibt. Sie lautet: GIB ZVBVS, ARBEIT; WART DER ZEIT, ES FOLGT AVSBEVT DIE DICH ERFREVT. Außerdem ist nach dem Worte Zeit ein brennendes Grubenlicht und hinter erfreut Schlegel und Eisen nebst Bohrer am Rande angebracht.

Der Bergbau ist auch heute noch reich an Poesie, und es verlohnt wohl der Mühe, seine Stätten und Gebräuche, seine Geschichte, die Mannigfaltigkeit seiner Erzeugnisse und deren Verwendung, denen die folgenden Blätter gewidmet sind, kennen zu lernen. Vielleicht werden unsere Leser hierdurch angeregt, der Tiefe der Gruben ihre Aufmerksamkeit zu schenken, in die Schächte hinabzusteigen und mit eigenen Augen ihre Geheimnisse zu schauen. Wenn dann nach beschwerlicher Grubenfahrt das helle Tageslicht sie wieder freundlich grüßt, werden sie wohl die sinnige Wahrheit jenes Bergmannsliedes nachempfinden, das Döring in dem von Anacker in Musik gesetzten Bergmannsgruß nach vollbrachter Schicht den ausfahrenden Bergmann singen läßt:

Glück auf! du holdes Sonnenlicht,
Sei innig mir gegrüßt!
Der achtet deiner Strahlen nicht,
Der täglich sie genießt.
Ich aber steige Tag für Tag
Hinab in tiefen Schacht,

Wo bei des Fäustels munt'rem Schlag
Kein Sonnenschein mir lacht.
Drum grüßt dich auch der Bergmann froh,
Steigt er zum Tag heraus;
Kein andres Herz begrüßt dich so,
Kein Mund ruft so: Glück auf!

Die technischen Hilfsmittel des Bergbaues.

Bevor wir an einzelnen Beispielen die Gewinnung der Rohstoffe des Mineralreiches erläutern, ist es nötig, kurz die Hilfsmittel, über die der Bergmann verfügt, zu betrachten. Entsprechend dem großartigen Fortschritte, den die letzten 50 Jahre auf allen Gebieten der Technik gezeitigt haben, vervollkommneten sich auch die Einrichtungen des Bergbaues außerordentlich, besonders hat sich ihre Mannigfaltigkeit erheblich gesteigert. In dem nachfolgenden Kapitel, welches übersichtlich die Einzelheiten des Bergbaubetriebes behandelt, sind die neuesten Errungenschaften entsprechend hervorgehoben.

Die Aufsuchung der Lagerstätten.

Ein scharfes Auge, eine gut entwickelte Beobachtungsgabe gehören neben gediegenen Kenntnissen in der Mineralogie und Geologie dazu, um die schwierige Aufgabe zu lösen, ein undurchforschtes Gebiet auf das etwaige Vorhandensein von nutzbaren Mineralien



83. Das Schürfen. Nach Heuchlers Werk „Die Bergknappen"

zu untersuchen, besonders, wenn es sich darum handelt, schnell und ohne zu große Kosten zum Ziele zu gelangen. Die Untersuchung der anstehenden Gesteine und ihrer Zersetzungsprodukte, der Schutthalden des Hochgebirges, der Gerölle und Sande der Flüsse, sowie der Ackererde, müssen das erste Anhalten über den Gebirgsbau gewähren. Natürlich gräbt man an Stellen, deren genauere Durchforschung wünschenswert erscheint, in die Tiefe (man **schürft**), wie die erzgebirgischen Knappen auf Heuchlers Bilde (Abb. 83), die auf dem Gebirgshange am Fuß einer alten Fichte wohl das Ausgehende eines Erzganges suchen.

Der geologische Bau einer Gegend kann zwar nur durch eingehende Untersuchung erkannt werden, der Kundige läßt aber manche Anzeichen nicht außer acht, die oft schon aus der Ferne ein Anhalten über den Gebirgsbau geben können. Den Verlauf der **Schichtung** des Gesteins vermag man häufig schon von weitem zu erkennen, ja gewisse charakteristische Gebirgsschichten verraten sogar ihre Gesteinsbeschaffenheit. Überall im Jura Süddeutschlands kann man Profile wie dasjenige in Abb. 86 beobachten, den Steilabsturz harter Schichten, daran anschließend flache Böschungen. Für ein eng begrenztes Gebiet kann man mit größter Wahrscheinlichkeit die Behauptung aufstellen, daß der



84. **Die Adersbacher Felsen bei Braunau in Böhmen.** (Beispiel von Erosionserscheinungen im Quader und Zerlegung in einzelne Teile.)
Nach Aufnahme von H. Eckert, Prag.



85. Gneisgebirge bei Preßnitz. (Flacher, kahler Abfall des Erzgebirges gegen Nordwesten.)
Nach Aufnahme von H. Eckert, Prag.

Steilabfall von den harten Kalksteinen des weißen Jura gebildet wird, während die flachen Böschungen dem braunen und dem schwarzen Jura mit ihren leicht verwitternden thonigen Sandsteinen und Schieferthonen angehören. Die Schichtengrenze läßt sich nicht selten auf größere Erstreckung verfolgen.



86. Profil im Jura.

Abb. 84 zeigt uns nach einer trefflichen Photographie die eigenartige säulen- und bankartige Zerklüftung des Quadersandsteins, wie sie mit ihren tiefen Thälern und steilen Wänden darüber z. B. überall im Elbsandsteingebirge (Sächsische Schweiz) hervortritt. Abb. 85 dagegen verdeutlicht die flach kuppelförmige Gneislandschaft des oberen Erzgebirges. Auch die säulenförmigen Absonderungen des Basaltes und Porphyres sind hierher zu rechnen, ebenso wie die Kuppen- und Kegelform junger Eruptivgesteine (Abb. 21 S. 24).



87. Rutengänger.
Nach Willen, „Beschreibung der Wünschelrute“ (Nürnberg 1694).

Doch mühevolle geologische Untersuchungen sind nicht jedermanns Sache, und die methodische Geologie ist erst ein Kind der Neuzeit. Da kann es wohl nicht wunder nehmen, daß im Zeitalter der Alchemie auch andere Mittel versucht wurden, um die Gegenwart von Erzen zu erforschen. Auf unserer Abb. 87 sehen wir einen Knappen etwa aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts, der mit einer Wünschelrute — gewöhnlich ein zwieseliger Zweig des Haselnußstrauches — einen Erzgang zu finden hofft. Unter besonderen Beschwörungsformeln ist die Rute um Mitternacht mit drei Schnitten „im Namen des Vaters, des Sohnes und des heiligen Geistes“ vom Strauch getrennt, und wenn man mit ihr über das Feld schreitet, der aufgehenden Sonne entgegen, erfüllt von dem Glauben an die Wunderkraft der Rute, so schlägt sie (ihr vorderes Ende C neigt sich mit aller Gewalt gegen den Boden), sobald der Rutengänger über den Ausstrich eines Ganges hinwegschreitet. — Man sollte meinen, daß derartiger Aberglaube abgethan sei, und daß sich heute weder Rutengänger finden noch solche, die an ihre Angaben glauben. Weit gefehlt, nicht nur in den entlegenen Thälern unserer deutschen Gebirge ist sie noch zu finden, wenngleich schon dem Tageslichte ausweichend, auch in den Bergrevieren der Neuen Welt wird sie angetroffen. Betrüger und Betrogene, Gewitzigte und andere Leute bescheint die Sonne aller Zonen!

Doch kehren wir zum wissenschaftlichen Bergbaubetrieb zurück. Die Schürfarbeiten, bestehend im Anlegen von Gräben, Abteufen kleiner Schächte, Auffahren von kurzen Stölln, bleiben immer nahe der Oberfläche. Zeitaufwand und Kosten sind bei weiterer Ausdehnung derselben sehr erheblich, und man kann doch nur das Ausstreichen der Lagerstätten untersuchen. Erst die Fortschritte in der Entwickelung des Tiefbohrens gestatteten ein verhältnismäßig schnelles und wohlfeiles Eindringen in größere Tiefen. Die Anfänge hierzu reichen in Europa in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts zurück, beispielsweise waren die Erfolge, die man schon zu jener Zeit in der französischen Grafschaft Artois zur Erschließung tief gelegener Wasseransammlungen — artesische Brunnen — erzielte, sehr beachtlich, aber die Hilfsmittel entwickelten sich langsam, häufig störten Unfälle den Betrieb, und man rückte nur mühsam vor. Zum Abbohren von 500 m Tiefe brauchte man noch um 1860 mehrere Jahre. Allerdings war damit schon die Möglichkeit

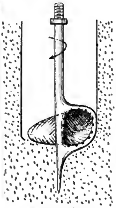
gegeben, den Gebirgsbau gründlich zu durchforschen und Lagerstätten, namentlich Flöze und Lager nachzuweisen, die unter mächtiger Bedeckung von der Oberfläche aus durch Schürfen nicht zugänglich waren. Seit 25 Jahren ist nun die Tiefbohrtechnik so weit vervollkommnet worden, daß man in einem Tage mit Werkzeugen, die ein einzelner Mann bequem fortzuschaffen vermag, in losem Boden bis zu 10 m, in festem Fels etwa 3—4 m in die Tiefe zu bohren vermag. Mit größeren Apparaten und mit Maschinenkraft werden heute Löcher von 500 m Tiefe in wenigen Monaten fertiggestellt, auch die Gesamttiefe, bis zu der man in das Erdinnere eingedrungen ist, hat sich beständig vermehrt. So erreichte das Bohrloch zu Sperenberg bei Berlin, welches zur Erforschung der Steinsalzführung des Gebirges niedergebracht wurde, im Jahre 1871 die damals größte Tiefe von 1271,6 m, 1886 wurden zu Schladebach, östlich von Merseburg, 1748,4 m Tiefe erreicht, und das bisher tiefste Bohrloch wurde durch den preußischen Staat unter Leitung



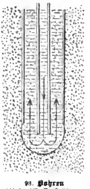
89—90. Erdbohrer für weiche Bodenmassen.



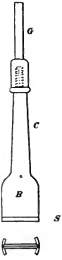
91. Bohrlöffel.



92. Sackbohrer.



93. Bohren mittels Wasserspülung.



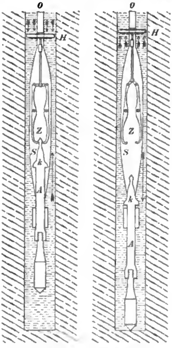
94. Bohrmeißel mit Ohrenschneiden.

des vor kurzem verewigten Bergrats Köbrich zur Erschließung der Steinkohlenformation bei Paruchowitz in Oberschlesien im Jahre 1893 bis zu 2003,34 m Tiefe abgebohrt, es hatte hier noch 7 cm Durchmesser. Solche Erfolge sind allerdings nur mit vorzüglich geschulter Mannschaft und mit musterhaft gearbeiteten Werkzeugen möglich, denn das Bohrwerkzeug, das in 2000 m Tiefe dem Erdinneren zustrebt, muß von der Oberfläche aus gehandhabt werden.

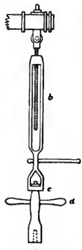
In losem Gebirge, Sand, Thon und dergl., womit oft die Braunkohle bedeckt ist, kann man mittels drehend geführter Werkzeuge, welche nach Art der Holzbohrer geformt sind (Abb. 88—90) und an die eiserne Stangen zur Verlängerung angeschraubt werden, leicht vordringen. Ist der Boden thonig, so haften die losgebohrten Massen am Bohrer und können von Zeit zu Zeit mit demselben aus dem Loche herausgehoben werden, ist dagegen feiner Sand vorhanden, oder sammelt sich Wasser im Bohrloche, so muß der Löffel (Abb. 91) zur Entfernung des Bohrmehles oder Bohrschlammes angewendet werden. Er besteht aus einem starken Eisenblechcylinder c, an den oben zur Verbindung mit den

Bohrstange eine gegabelte Stange g, welche in eine Schraube endet, angenietet ist, unten befindet sich ein Kugelventil v, das sich beim Einführen des Löffels öffnet und die Massen eintreten läßt, während es sich beim Aufholen schließt. Über Tage wird der Löffel durch Umkippen entleert, die **Bohrproben** (Proben der durchbohrten Schichten) werden getrocknet, zur Untersuchung geordnet und entsprechend bezeichnet aufbewahrt.

In sandigem und ganz weichem Boden kann man auch mit dem Löffel allein bohren, oder man wendet bei weiteren Bohrlöchern den **Sackbohrer** an (Abb. 92), eine starke, in eine Spitze auslaufende Stange mit seitlich angeschmiedetem Bügel, an den ein Sack zur Aufnahme des gelösten Bodens befestigt ist. Auch ist es möglich, durch einen **Wasserstrahl**, welcher von einer Pumpe in den Boden gepreßt wird, das Bohrloch herzustellen (Abb. 93). A ist das Rohr für das Spülwasser, welches den Boden aufwühlt, durch ein zweites Rohr B wird das Bohrloch verkleidet, zwischen beiden strömt das mit den Bodenteilchen beladene Wasser wieder aufwärts und verläßt durch ein aufgesetztes Mundstück das Bohrloch. In größeren Behältern klärt sich das Wasser zur weiteren Benutzung, und zu gleicher Zeit erkennt man aus den sich absetzenden Teilen die Natur der durchsunkenen Gebirgsschichten. In der norddeutschen Tiefebene wird dieses Bohren mittels Wasserspülung mit gutem Erfolge angewendet. Bei günstigen Verhältnissen können 30 m in einem Tage gebohrt und Tiefen von 100 m mit diesem einfachen Mittel erreicht werden.



95 u. 96. Kinds Freifallbohrer.



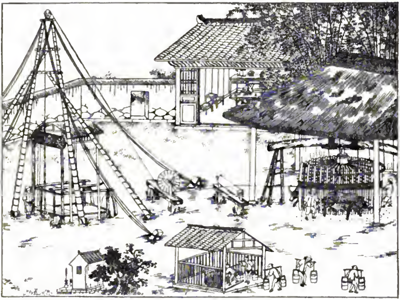
97. Stellschraube.

In harten Gesteinen muß die Tiefbohrung mit anderen, als den bisher besprochenen Mitteln ausgeführt werden; der Stahlmeißel und der Diamant wetteifern hier um den Vorrang, der immer mehr dem vornehmsten aller Steine zuerkannt wird.

Der **Stahlmeißel** (Abb. 94) besteht aus dem Blatt B mit der Schneide S und geht durch den Schaft C in einen Bund und die Schraube zum Anschluß des Gestänges G über. Er wird stoßend gehandhabt, d. h. das bis an die Oberfläche verlängerte Gestänge wird angehoben und fallen gelassen; nach erneutem Anheben erfolgt zunächst eine kleine Drehung, der Meißel wird umgesetzt, damit er im Bohrloch in etwas veränderter Stellung auftritt, nur hierdurch kann dasselbe rund erhalten werden. Bei geringen Tiefen kann das Anheben über Tage einfach dadurch erfolgen, daß ein Seil über eine Seilscheibe geführt wird, die in dem Bohrgerüste aufgehängt ist. Das eine Ende wird mittels Schraubenmutter auf dem Ende der obersten Stange befestigt, die Mannschaft greift an dem anderen Seilende an und hebt so das Gestänge. Nachdem einige Zeit gebohrt worden ist, sammelt sich auf der Bohrlochsohle Gesteinsmehl an, dieses muß von Zeit zu Zeit entfernt werden, damit der Meißel wieder besser zum Angriff gelangt. Hierzu dient der schon vorher beschriebene Löffel, es muß jedoch zuvor das Gestänge mit dem Meißel aufgeholt werden. Man hebt jedesmal um eine Stangenlänge an, hält dann das noch

im Bohrloch befindliche Gestänge an einem Bund mittels der sogenannten Abfanggabel, schraubt die obere Stange ab, setzt sie zur Seite und befestigt das Seilende zum wiederholten Aufholen aufs neue; so kommt endlich der Meißel an die Oberfläche, und nun kann gelöffelt werden. Um beim Einlassen und Aufholen des Löffels das Zusammenschrauben und Wiederauseinanderschrauben des Gestänges zu vermeiden, befestigt man denselben gewöhnlich an einem schwachen Seil, dessen Länge der Tiefe des Bohrloches entspricht.

Eine derartige einfache Arbeitsweise ist nur bis zu geringer Bohrlochtiefe möglich, dann wird die Last des Gestänges für das Anheben zu bedeutend, auch würde dasselbe beim Niederfallen des Meißels zu starke Stauchungen erleiden. Zum Anheben des Gestänges benutzt man dann gewöhnlich einen zweiarmigen Hebel, an dessen kürzerem Ende

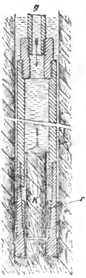


98. Seilbohren in China; Aufholen des Gestänges.
Nach einem chinesischen Werke über Salzgewinnung.

das Bohrgestänge hängt, während an dem längeren Arme entweder eine genügende Zahl von Arbeitern oder bei größeren Tiefen Dampfkraft angreift. Um die Stauchungen des Gestänges beim Niederfallen zu vermeiden, bedient man sich in neuester Zeit immer der Freifallbohrer, durch dieselben wird das Gestänge in einen oberen Teil, das Obergestänge, und in einen unteren Teil, das Untergestänge mit dem Meißel, zerlegt. Beide sind soweit unabhängig voneinander, daß die Schläge des Meißels sich nicht auf das Obergestänge übertragen. Einer der bekanntesten Freifallbohrer ist derjenige von Kind (s. Abb. 95 u. 96). Das Untergestänge endigt oben in das Abfallstück A, mit dem Kopfe k, das Obergestänge O setzt sich nach unten fort in zwei Platten S, die sogenannte Schere, innerhalb welcher der Kopf des Abfallstückes geführt wird. Eine Zange Z dient dazu, um beim Aufgang des Gestänges den Kopf des Abfallstückes zu fassen und dann wieder fallen zu lassen. Dieser Vorgang wird dadurch vermittelt, daß die Zange mittels Hebelverbindung und Zugstange mit dem Hütchen H verbunden ist. Vorausgesetzt wird, daß das Bohrloch mit Wasser angefüllt ist. Hat der Meißel aufgeschlagen, und befindet

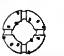
sich das Obergestänge in der höchsten Stellung (Abb. 96) so drückt beim Abwärtsgehen desselben das im Bohrloch befindliche Wasser von unten gegen das Hütchen, dieses nimmt die höchste zulässige Stellung ein, die Zange öffnet sich und schiebt sich über das Köpfchen des Abfallstückes. Wenn dann das Obergestänge angehoben wird, so drückt nunmehr das Wasser von oben auf das Hütchen, dieses sinkt nieder, die Zange schließt sich, erfaßt das Köpfchen des Abfallstückes und hebt es in die Höhe (Abb. 95), bis sich bei der Umkehr der Bewegung, wie oben beschrieben, die Zange wieder öffnet und das Abfallstück nebst Meißel niederfallen läßt.

Unter Benutzung dieses oder ähnlicher Freifallbohrer hat man mit dem stoßenden Bohren Tiefen bis zu mehreren hundert Metern anstandslos erreicht. Über Tage ist beim Fortschreiten der Bohrung auch eine dementsprechende Verlängerung des Gestänges notwendig. Da es nicht angängig ist, immer eine Bohrstange von 8 ja 10 m Länge anzusetzen, so dienen zur allmählichen Verlängerung Hilfsstangen, deren Länge die Hälfte, dann $^1/_4$, $^1/_8$, $^1/_{16}$ der Hauptstange beträgt. Außerdem verwendet man noch die Stellschraube (Abb. 97), welche während des Ganges der Bohrarbeit eine Verlängerung des Gestänges um das Maß der kürzesten Hilfsstangen ermöglicht.



Die Stellschraube ist zwischen dem Bohrschwengel und der obersten Bohrstange eingeschaltet, ihr unterster Teil c ist ein Wirbel, an welchem als Handhabe der Krückel d befestigt ist, er gestattet die zum Umsetzen des Bohrers nötige Drehung. Die eigentliche Stellschraube b ist ein Schraubenbolzen, dessen Mutter sich in einer Schere befindet, die letztere kann mittels eines Hebels e entsprechend dem Fortschritte der Bohrung niedergeschraubt werden, wodurch eine Verlängerung des Gestänges eintritt. Ist die Stellschraube bis auf den äußersten Stand nachgelassen, so unterbricht man die Bohrung, schaltet die kürzeste Hilfsstange ein und dreht die Stellschraube auf den anfänglichen Stand zurück. Der Bohrschwengel (vgl. auch die Abb. 109 u. 110 S. 81) wird bei größeren Bohrungen im Bohrturme so verlagert, daß er nach dem Abnehmen des Gestänges leicht zurückgenommen werden kann, um das Bohrloch für das Aufholen und Einlassen des Gestänges und für das Löffeln freizumachen.

Das Aufholen und Einlassen des Bohrgestänges, das beim stoßenden Bohren zur Auswechselung des Meißels und zum Löffeln nötig wird, ist wegen des Abschraubens der einzelnen Längen eine zeitraubende Arbeit. Man hat daher mehrfach den Versuch gemacht, das stoßende Bohren statt am Gestänge am Seile auszuführen. Das Auf- und Abwickeln des Seiles beim Aufholen und Einlassen des Meißels geht sehr schnell von statten, auch die Verlängerung des Seiles läßt sich beim Tieferwerden des Bohrloches viel einfacher ausführen, als das Verlängern des Gestänges. Als Übelstände des Verfahrens sind anzuführen, daß das Umsetzen des Meißels nur unregelmäßig erfolgen kann und daß die Bohrlöcher noch leichter als beim stoßenden Bohren mit Gestänge von der lotrechten Richtung abweichen.



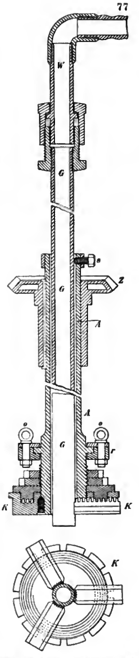
99. Diamantbohrkrone.

Es kann hierbei nicht unerwähnt gelassen werden, daß die in vielen Dingen so rührigen Chinesen schon seit geraumer Zeit selbständig das Seilbohren erlernt hatten und bis zu Tiefen von mehreren hundert Metern mit einfachen Mitteln ausführten, um Salzsole zu gewinnen. Unsere Abb. 98 zeigt die chinesische Bohreinrichtung; es wird gerade das Gestänge mittels Göpel am Seil aufgeholt.

Das Diamantbohren. Einen wesentlichen Fortschritt in der Tiefbohrtechnik bezeichnet das vom Ingenieur Leschot in Genf im Jahre 1864 vorgeschlagene Diamantbohren. Im Jahre 1867 war auf der Pariser Weltausstellung ein derartiger Apparat vorgeführt. Das Bohrwerkzeug, die Bohrkrone, besteht aus einem stählernen cylindrischen Ring (Abb. 99), dessen äußerer Durchmesser demjenigen des Bohrloches entspricht. Die untere Fläche des Ringes ist mit schwarzen Diamanten besetzt, diese letzteren, welche auch

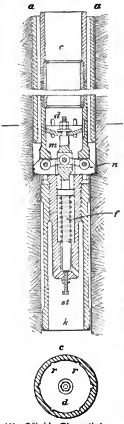
Carbonados genannt werden, kommen aus Brasilien, sie bestehen aus einer porösen, in der Struktur dem Koks ähnlichen Masse. Das Einsetzen in die Bohrkrone ist eine schwierige Arbeit, zumal der Wert der Bohrdiamanten ein erheblicher ist. Ein Stein von Erbsengröße wiegt etwa 5 Karat, der Preis schwankt zwischen 125—400 Mark. In der Bohrkrone werden zunächst Löcher ausgestemmt, welche der Form der Steine möglichst entsprechen, hierauf setzt man diese so ein, daß ihre größte Abmessung in die Richtung des Durchmessers der Bohrkrone zu liegen kommt, auch werden die Steine so angeordnet, daß einige nach außen, andere nach innen übergreifen und die übrigen bei der Drehung der Krone die Ringfläche vollständig bestreichen. Die Krone schleift vor Ort des Bohrloches einen ringförmigen Raum aus, im mittleren Teile bleibt ein cylindrischer Bohrkern stehen, welcher mit der Zeit abbricht und als Probe für die Gesteinsbeschaffenheit aufgeholt wird. Hierbei werden die Kerne von einem federnden Ringe r am Herausgleiten gehindert. Oben schließt an die Bohrkrone ein weites Rohr, das Kernrohr an, dieses ist wiederum durch ein Verbindungsstück mit dem Rohrgestänge g verbunden, welches sich bis über Tage fortsetzt. Es wird durch eine Dampfmaschine in schnelle Umdrehung gesetzt, so daß einige hundert Umgänge in der Minute gemacht werden. Das letzte Rohr über Tage G (Abb. 100) wird in dem mit einer Längsnut versehenen Arbeitsrohre A unten durch ein Klemmfutter K, ähnlich wie dasselbe bei den Drehbänken vorhanden ist, oben durch drei Schrauben s zentrisch gefaßt. Über das Arbeitsrohr ist ein konisches Zahnrad Z geschoben, welches im Bohrturm verlagert ist und dessen Nabe mit einer entsprechenden Feder in die Nut des ersteren eingreift; dreht sich das Zahnrad, so müssen das Arbeitsrohr, das Klemmfutter, Gestänge und Bohrkrone dieser Drehung folgen, dabei kann aber mit dem Fortschreiten der Bohrarbeit das Arbeitsrohr mit Gestänge u. s. w. allmählich in dem Zahnrade tiefer und tiefer sinken. Der Ring r und die mit Ösen versehenen Bolzen o dienen zum Aufhängen des Gestänges und Entlasten der Bohrkrone bei großer Bohrlochtiefe.

Das Ende des obersten Gestängerohres, welches noch über das Arbeitsrohr emporragt, trägt den Wasserwirbel W, ein gekrümmtes Rohrstück, welches mittels Stopfbüchse gegen das Gestängerohr abgedichtet ist, im übrigen aber ruhig stehen bleibt, während sich das Gestängerohr dreht. An den Wasserwirbel schließt der Schlauch einer Pumpe an, welche beständig einen Wasserstrom zuführt, dieser geht durch das Bohrgestänge bis zur Bohrkrone abwärts, unter den Diamanten hindurch, nimmt dort das abgeschliffene Gesteinsmaterial mit fort und steigt zwischen Bohrgestänge und Bohrlochwänden wieder aufwärts. Auf diese Weise wird das entstehende Bohrmehl beständig durch Wasserspülung entfernt und man hat gegenüber dem stoßenden Bohren mit Bohrmeißel den Vorteil, daß man so lange fortbohren kann, bis die Bohrkerne die ganze



100. Klemmfutter, Arbeitsrohr und Wasserzuführung f. d. Diamantbohren.

Länge des Kernrohres ausfüllen, erst dann muß das Gestänge aufgeholt werden, um die Bohrkerne zu entfernen. Das Löffeln fällt also fort, ferner ist die Beanspruchung des Rohrgestänges bei der drehenden Bewegung eine erheblich geringere als diejenige des Gestänges beim stoßenden Bohren, und es treten daher bei dem Diamantbohren verhältnismäßig selten Störungen ein. Als Bohrrohre verwendet man in neuerer Zeit bei kleineren Bohrlochtiefen patentgeschweißte Rohre, bei größeren Tiefen die noch leichteren und zuverlässigeren Mannesmannrohre. Die Verbindung der einzelnen Rohrlängen erfolgt derart, daß die Rohrenden um eine Schwächung durch das eingeschnittene Schraubengewinde zu vermeiden, verstärkt sind, über die Enden wird ein starker Muff geschraubt. Diese Verbindung bietet dem Spülwasserstrom wenig Widerstand, da die Rohre innen glatt sind, außerdem schützen die Muffe die Rohre selbst vor der Abnutzung, denn bei etwaigem Schwanken des Rohrgestänges reiben sich nur die Muffe an den Gesteinswänden. Man braucht daher nur von Zeit zu Zeit die Muffe auszuwechseln, während die Rohre im Gebrauch bleiben. Beim Aufholen und Einlassen greift man mit der Fanggabel unter die verdickten Rohrenden. Je nach der Härte des Gesteins, dem Durchmesser und der Tiefe des Bohrloches beträgt die durchschnittliche tägliche Leistung beim Diamantbohren 6—15 m.



101. Köbrichs Diamantbohrer mit Nachschneiden.

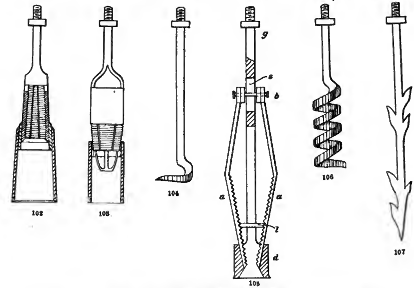
Auch beim Bohren auf Salze, was in den letzten Jahrzehnten wegen des hohen Wertes der Kalisalze außerordentlich häufig vorkommt, kann man Kerne des Salzgebirges erhalten. Man verwendet dann anstatt des Spülwassers eine gesättigte Lösung von Magnesiasalzen, diese löst den erbohrten Salzkern nicht auf, und man kann ihn wie jeden anderen Gesteinskern aufholen und zur Untersuchung benutzen.

Trotz der vorzüglichen Ausführung, in der jetzt die sämtlichen Bohrgeräte geliefert werden, und trotz der zuverlässigen Ausbildung der Mannschaft, kommen doch zuweilen Störungen beim Bohren vor, diese bestehen einmal darin, daß von den Bohrlochwänden Gestein nachfällt und dadurch die Bohrwerkzeuge festklemmen oder es treten wohl auch Brüche an den letzteren ein. Selbstverständlich wird der Fortschritt der Bohrarbeit hierdurch außerordentlich beeinträchtigt.

Zeigt sich das Gebirge brüchig, so vermeidet man den Nachfall dadurch, daß man die Bohrlochstöße durch Einbringen von Rohren verkleidet. Diese haben etwas kleineren Durchmesser als das Bohrloch und werden aus einzelnen Rohrlängen, entweder durch Verschrauben oder durch Vernieten derart zusammengesetzt, daß sie auf der Außen- und Innenseite glatt sind, da so der geringste Raum eingenommen wird. Man faßt diese Rohre mittels eines zangenartigen Instruments, des sogenannten Röhrenbündels, von außen und läßt den Röhrenstrang immer um eine Länge ein, dann wird derselbe abgefangen, eine neue Rohrlänge aufgesetzt, ein neues Röhrenbündel angelegt, hiermit der Rohrstrang angehoben, und nach Entfernung des alten Röhrenbündels wieder um eine Rohrlänge eingelassen. Unter der Verrohrung muß entweder mit einem Bohrer, dessen Durchmesser der lichten Rohrweite entspricht, weitergebohrt werden, man verliert dann beträchtlich an Bohrlochdurchmesser, oder man verwendet eigenartige Bohrer, die mit Nachschneiden versehen sind, welche während der Einführung des Bohrers durch die Rohrtour eingelegt sind, jedoch unter den Rohren heraustreten und es dadurch ermöglichen, daß das Bohrloch mit dem früheren Durchmesser weitergebohrt wird. Dann kann auch unter Umständen der eingeführte Röhrenstrang von Zeit zu Zeit der Bohrung folgend weiter eingesenkt werden.

Als Beispiel sei hier der von Köbrich angegebene Diamantbohrer mit Nachschneiden (Abb. 101), auch Erweiterungsbohrer genannt, kurz beschrieben.

Derselbe besteht aus einem Rohre c, in diesem befindet sich ein Mittelstück m, welches oben den Teller d trägt, letzterer schließt im Rohre c dicht ab, doch kann das Spülwasser durch vertiefte Rinnen r um den Teller herum strömen, nachdem der Wasserdruck gegen die Federkraft der im unteren Teile verlagerten Feder f das Mittelstück etwas nach unten gedrückt und dadurch die mit Diamanten besetzten Nachschneiden n herausgeschoben hat. Diese schneiden unter der Verrohrung a den ringförmigen Gesteinskörper fort, welcher beim Vorbohren mit einer kleineren, durch die Verrohrung einführbaren Bohrkrone stehen geblieben war. Gleichzeitig ist an dem Bohrer unten ein Rohr angeschraubt, welches bei k Bohrdiamanten trägt, diese schleifen noch etwaige Unebenheiten der Bohrlochwandungen fort und führen überdies den Erweiterungsbohrer.



102—107. **Fangwerkzeuge für Tiefbohren.**

102 Schraubentute, 103 Schraubenspindel, 104 Stangenhaken, 105 Wolfsrachen, 106 Krätzer, 107 Löffelhaken.

Durch die Stellschraube st kann der Ausschub der Backen n begrenzt werden. Auch für das stoßende Bohren mit Meißelbohrern gibt es entsprechende Bohrer mit Nachschneiden.

So versucht man den Rohrstrang, während das Abbohren des Bohrloches fortschreitet, weiter einzusenken, das ist jedoch nur eine gewisse Zeit lang möglich, dann klemmt sich die Rohrtour fest und ist auch unter Anwendung von Preßschrauben über Tage nicht mehr vorwärts zu bringen. Es muß dann die Arbeit mit dem Erweiterungsbohrer aufhören, sie wird mit einem gewöhnlichen kleineren Bohrer fortgesetzt, und falls sich weitere Verrohrung nötig macht, wird innerhalb des ersten ein engerer Rohrstrang eingeführt, ja es kommt vor, daß 3, 4 und noch mehr Verrohrungen angewendet werden müssen, natürlich wird hierdurch der Bohrlochdurchmesser immer kleiner. Man beginnt daher Bohrungen, welche eine sehr große Tiefe erreichen sollen, auch mit besonders großen Durchmessern und zwar bis 800 mm.

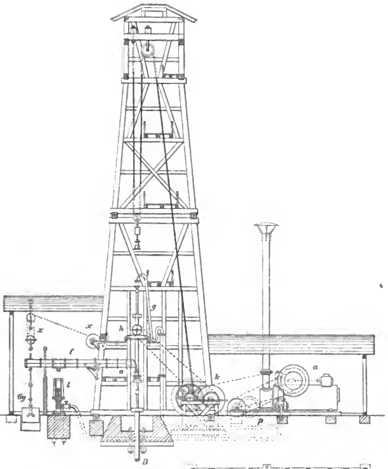
Sehr bedeutender Aufenthalt bei der Tiefbohrung kann dadurch veranlaßt werden, daß Gegenstände in das Bohrloch hineinfallen und entweder die Bohrwerkzeuge verklemmen oder auf die Bohrlochsohle gelangen und die Arbeit des Bohrwerkzeuges hindern.

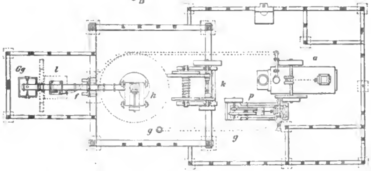
Hat sich das Bohrgestänge festgeklemmt, so kann man durch besondere Meißelbohrer, deren gekrümmte Schneide sich der Form der Bohrlochwände anpaßt, an der betreffenden Stelle Platz schaffen. Gegenstände, welche bis auf die Bohrlochsohle gefallen sind, sucht man mit dem Meißelbohrer zu zerstoßen. Dies ist jedoch bei sehr harten Stahlgegenständen, z. B. abgebrochenen Stücken des Bohrmeißels selbst, ausgeschlossen, diese pflegt man in neuerer Zeit mittels kräftiger Elektromagneie aufzuholen. Kleinere Gegenstände, z. B. ausgebrochene Diamanten, entfernt man aus dem Bohrloch mittels der Wachsbüchse, einer Glocke von der Größe des Bohrlochdurchmessers, welche innen mit einer weichen Wachsmasse gefüllt ist. Wird dieselbe bis auf die Bohrlochsohle niedergelassen, so drücken sich die betreffenden Gegenstände in das Wachs ein und werden so heraufgebracht. Dann kommt es wohl vor, daß sich eine Verschraubung der Bohrwerkzeuge löst, und der untere Teil im Bohrloche zurückbleibt. In diesem Falle bringt man eine entsprechende, unten mit einer tutenförmigen Fortsetzung versehene Schraubenmutter (Abb. 102), die Schraubentute, welche an einem besonderen Gestänge in das Bohrloch eingeführt wird,



108. Bohrtürme zu Los Angeles in Kalifornien.

über die betreffende Schraube und drehi sie fest. Für hohle Gestänge, wie sie beim Diamantbohren angewendet werden, dient eine konische Schraubenspindel (Abb. 103) zum Fangen. Ist eine Schraubenverbindung abgebrochen, und befindet sich am oberen Ende der Stange noch der Bund, so ist der Stangenhaken (Abb. 104) ein geeignetes Fangwerkzeug, mit dem man sich bemüht, unter den Bund zu fassen. Ist dagegen eine Stange in der Mitte gebrochen, so bedient man sich des Wolfsrachens (Abb. 105), er besteht aus zwei Teilen, an dem Gestänge g befindet sich ein Schlitz s, dann gabelt sich das Gestänge und unten ist eine Glocke d angeschmiedet. Der zweite Teil besteht aus den federharten und gezähnten Fängern a, dieselben sind oben durch den Bolzen b verbunden und führen sich mittels dieses im Schlitze s, eine kleine Holzspreize l hält beim Einführen des Werkzeuges die Fänger in der gezeichneten Stellung. Gelingt es, den Wolfsrachen über das Stangenende zu schieben, so wird hierbei die Spreize l herausgestoßen, die Fänger a rutschen etwas abwärts, legen sich an die Stange an, drücken sich beim Anheben fest und bringen das Gestänge zu Tage. Der sogenannte Krätzer (Abb. 106) dient dazu, um ein gerissenes Seil im Bohrloche zu fassen. Der Löffelhaken (Abb. 107) ist besonders geeignet, um Werkzeuge, welche oben in einer Gabel enden, an dieser zu ergreifen,

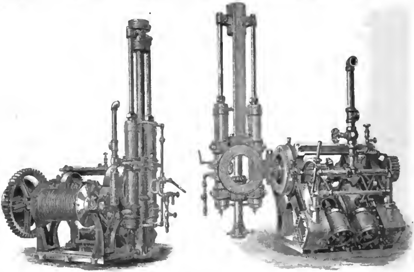




109 u. 110. **Tiefbohranlage nach Köbrich.** (Schnitt und Grundriß.)

wenn der Bund abgebrochen ist. So gibt es für jeden besonderen Fall geeignete Fangwerkzeuge, deren Zahl durch die Findigkeit der Bohrmeister ständig vermehrt wird.

Das Wettbohren der letzten Jahre namentlich zur Erlangung der Abbaurechte auf Kalisalze und die vielen auf Naphtha ausgeführten Bohrungen (s. Abb. 108 und vergleiche den Abschnitt über Erdöl) haben die Sicherheit und Schnelligkeit der Tiefbohrung außerordentlich erhöht. Als Beispiel einer ganzen Bohranlage sei hier die durch Köbrich für den preußischen Staat ausgebildete näher beschrieben (Abb. 109 u. 110). Es sind hierbei die Anlagen für stoßendes Bohren mit Stahlmeißel und für Diamantbohren vereinigt; das letztere ist gerade im Gange. Von einer Lokomobile a aus wird die für die Wasserspülung benötigte Pumpe p in Betrieb gesetzt und mittels Vorgelege auch die Drehvorrichtung h für das Bohrgestänge angetrieben, g ist die Spülwasserzuführung. Das Bohrgestänge ist am rechten Ende des Bohrschwengels f bei o aufgehängt, durch das am linken Ende angebrachte Gegengewicht Gg kann die Bohrkrone entlastet werden. Der



111 u. 112. Diamantbohrmaschine der American Diamond Rock Drill Co. für Tiefbohren.

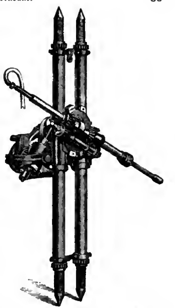
Bohrschwengel dient unter Benutzung des Dampfcylinders l auch zum Stoßbohren und wird, nachdem das Gegengewicht entfernt ist, mittels des Flaschenzuges x zurückgerückt, falls zum Aufholen oder Einlassen des Bohrzeuges oder zum Löffeln mittels des Kettenkabels k Platz gebraucht wird.

Die Abb. 111 u. 112 geben ein Bild der sehr gedrängt angeordneten amerikanischen Diamantbohrmaschinen. Ein Bockgestell nimmt die beiden zur Drehung des Gestänges dienenden Dampfcylinder auf. Das Arbeitsrohr und zwei daneben angeordnete Preßcylinder, welche zur Entlastung durch hydraulischen Druck dienen, sind an einem Rahmen angeordnet, der um einen starken Bolzen zur Seite gedreht werden kann, wenn mittels des an dem Bohrgestell angebauten Haspels das Gestänge aufgeholt oder eingelassen werden soll.

Vor kurzem ist auch die lange schwebende Frage gelöst worden, von Grubenräumen aus zur Untersuchung des Gebirges tiefe Bohrlöcher bis zu 100 und mehr Meter in beliebiger Richtung herzustellen. Derartige Bohrmaschinen — es wird ausschließlich Diamantbohren angewendet — werden entweder mit Hand bedient, oder sind mit Antrieb durch Preßluft (Abb. 113) oder mittels Elektrizität versehen. Namentlich in Norwegen sind eine größere Anzahl solcher Suchbohrungen mit Erfolg ausgeführt worden.

Die Grubenbaue.

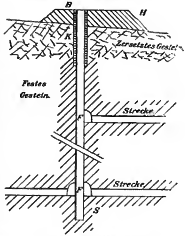
Während im vorstehenden die Vorbereitungen für den eigentlichen Bergbaubetrieb besprochen wurden, nämlich die Untersuchungen, ob und in welcher Menge nutzbare Mineralien vorhanden sind, so können wir uns nun dem Bergbau selbst zuwenden. Dabei müssen wir zunächst eine Anzahl von Kunstausdrücken kennen lernen, die uns auf Schritt und Tritt entgegentreten. Die Räume, welche der Bergmann in der festen Erdrinde durch Entfernung des Gesteins herstellt, nennt er **Tagebaue** oder **Gräbereien**, wenn sie unmittelbar an der Erdoberfläche liegen und den freien Himmel über sich haben, dagegen **Grubenbaue**, wenn sie sich weiter in die Tiefe erstrecken, so daß sich auch über den Räumen Gestein befindet, und infolgedessen künstliche Beleuchtung notwendig wird. Nach ihrer Lage zur Oberfläche und zur Lagerstätte, auch nach ihrer Bestimmung belegt man die Grubenbaue mit verschiedenen Namen.



113. Diamantbohrer der American Diamond Rock Drill Co. für Geneigtbohren.

Ein **Schacht** führt von der Erdoberfläche in die Tiefe, entweder senkrecht (der Bergmann sagt hierfür auch seiger), dann nennt man ihn einen **seigeren Schacht** auch **Richtschacht**, oder der Schacht hat eine Neigung zur Horizontalen, er folgt dann gewöhnlich der Lagerstätte und heißt **flacher Schacht**, denn im Bergbau ist man gewöhnt, statt geneigt häufiger „flach" zu sagen.

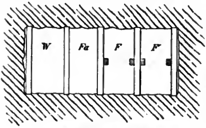
Auch die wichtigsten Teile eines Schachtes haben ihre besondere Bezeichnung (Abb. 114): Die Öffnung an der Oberfläche B nennt man die **Hängebank**, man legt sie gewöhnlich einige Meter über den gewachsenen Boden, damit man dadurch zum Aufstürzen des wertlosen Gesteins (der **Berge**) welche beim Betriebe mit gefördert werden müssen, Platz erhält. Die aufgeschütteten Bergemassen nennt man Halde H. Dort, wo Strecken (s. weiter unten) in den Schacht münden, ist für die verschiedenen Arbeiten ein besonderer erweiterter Raum geschaffen, F, den man **Füllort** nennt. Den tiefsten Teil des Schachtes, in dem sich das Wasser sammelt, um von den Pumpen gehoben zu werden, S nennt der Bergmann **Schachtsumpf**. Im festen Gestein steht der Schachtraum jahrzehntelang ohne weiteres, dort aber wo das Gestein, wie nahe der Oberfläche, brüchig ist und in den aufgeschütteten Haldenmassen muß der Schachtraum ausgebaut werden, K in der Abb. 114.



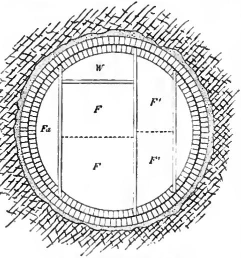
114. Schacht im festen Gestein.

Der Querschnitt eines Schachtes ist im festen Gestein gewöhnlich rechteckig, im lockeren kreisrund. Um den Schacht für die verschiedenen Zwecke, die Beförderung der Mineralien, den Verkehr (Fahrung) der Mannschaft, den Einbau von Maschinen, z. B. Wasserhebungsmaschinen, benutzen zu können, wird derselbe durch senkrecht übereinander eingebaute Hölzer oder Schienen (**Einstriche** genannt) in verschiedene Abteilungen geteilt,

deren jede ein Trum genannt wird. Die Abb. 115 u. 116 geben zwei Beispiele und zwar für einen rechteckigen Schacht in festem Gestein und einen kreisrunden Schacht in lockerem Gestein, der letztere ist ausgemauert. F sind die Fördertrümer, Fa ist das Fahrtrum, W das Trum für die Wasserhaltungsmaschine, auch Kunsttrum genannt; in dem größeren kreisrunden Schachte sind vier Fördertrümer vorhanden. — Die Bezeichnung Kunsttrum rührt daher, daß die alten Bergleute die von ihnen selbst erbauten Maschinen Künste nannten.



115. Querschnitt eines rechteckigen Schachtes.

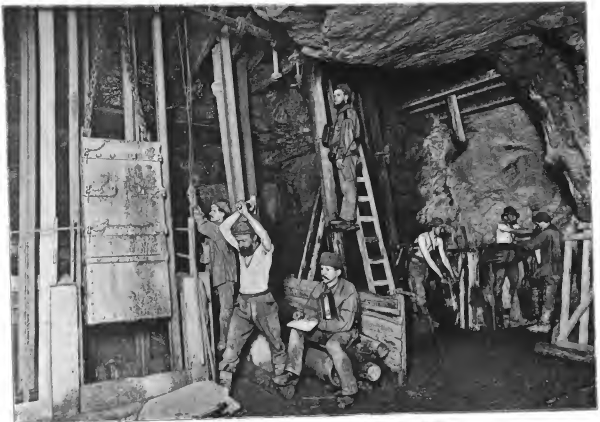


116. Querschnitt eines runden Schachtes.

Das Leben und Treiben am Füllorte zeigt das Börnersche Bild Abb. 117. Es ist einer der ältesten Freiberger Schächte, der Abrahamschacht, links in dem einen Fördertrume kommt die schwere eiserne Tonne gerade herein, um beladen zu werden. Ein Arbeiter zerkleinert noch durch kräftige Schläge mit dem Fäustel einige größere Erzstücke, die dann zu Tage gefördert werden sollen, ein zweiter mehr im Hintergrunde gibt am Signaldraht dem Wärter der Fördermaschine das Zeichen zum Anhalten der Tonne. In dem rechts anstoßenden Trume für die Fahrmaschine (Fahrkunst) fährt ein Arbeiter den Schacht hinaus, noch weiter rechts sind mehrere Leute mit Haspeln beschäftigt, der Schacht wird noch weiter vertieft (abgeteuft) und die Leute fördern das durch Schießarbeit gewonnene Gestein bis auf das Füllort. Der Steiger, welcher auf dem Grubenholze Platz genommen hat, macht wohl eine Niederschrift über seine Beobachtungen bei der Grubenbefahrung.

Auch die Arbeiten im Abteufen eines anderen erst in der Anlage begriffenen Schachtes wollen wir uns ansehen (Abb. 118). Es ist ein rechteckiger Schacht, an dem einen Schachtstoße werden Sprenglöcher gebohrt, die eiserne Tonne, welche von einer kleinen über Tage aufgestellten Dampfmaschine herausgefördert werden soll, hängt am Seil in schweren Ketten und wird gerade beladen. Ein Arbeiter fährt auf der Fahrt aufwärts. Überall tropft das Wasser und sammelt sich an der Sohle, daher arbeiten die Leute in wasserdichten Anzügen.

Geht ein Grubenbau von einem Thalgehänge aus, horizontal oder mit schwachem Ansteigen ins Gebirge, so nennt man ihn einen Stollen, sein Hauptzweck ist außer der Erforschung des Gebirges die Abführung des Wassers aus den Grubenbauen. Der Punkt, wo der Stollen beginnt, heißt sein Mundloch. Unsere Abb. 119 zeigt uns nach Heuchlers bekanntem Werke „Die Bergknappen“ ein solches Stollenmundloch, an einer Felsecke des waldigen Gehänges. Dasselbe ist gemauert, bis der Stollen völlig festen Felsen erreicht, den Schlußstein schmückt das Symbol des Bergbaues Schlegel und Eisen, darüber befindet sich der Name König Johann Erbstollen, das ist ein Stollen, der mit gewissen



117. Füllort am Abrahamschachte der Grube Himmelfahrt zu Freiberg.
Nach Börner, „Der Erzbergmann in seinem Berufe". Verlag Craz u. Gerlach, Freiberg.

Vorrechten ausgestattet ist. Eine nicht unerhebliche Wassermenge entfließt dem Stollen, außerdem führt in denselben ein Schienengleis, auf dem gerade ein Wagen (von den Bergleuten Hund genannt) wohl mit Erz beladen hält. Die Arbeiter, welche zur Arbeit anfahren, halten noch kurze Zwiesprache. Das Erscheinen des Obersteigers, der sich eben von der links im Hintergrunde sichtbaren Schachtanlage her nähert, wird bald die säumenden Knappen an ihre Pflicht erinnern.

Die Stollen dienen nicht nur dazu, das der Grube zusickernde Wasser abzuleiten, sondern sie führen auch die als Betriebskraft benutzten Wasser ab. Je tiefer daher ein Stollen liegt, desto bedeutender ist das Gefälle — der Höhenunterschied zwischen dem Wasserzufluß und -abfluß — welches für eine vorhandene Wasserkraft durch ihn nutzbar gemacht werden kann. Solche Baue, welche nur den Zweck haben, die Zu- und Abführung des Kraftwassers zu ermöglichen, heißen Röschen; man unterscheidet die für die Zuführung des Wassers bestimmten als Aufschlagsröschen von den zur Abführung des Wassers bestimmten als Abzugsröschen.

Die von den Schächten und Stollen weiter sich verzweigenden Grubenbaue heißen im allgemeinen Strecken, sie verlaufen meistens angenähert horizontal, liegen jedoch oft in verschiedener Tiefe untereinander und sind dann durch Zwischenschächte oder der Neigung der Lagerstätte folgende Strecken, „flache Strecken", miteinander verbunden.

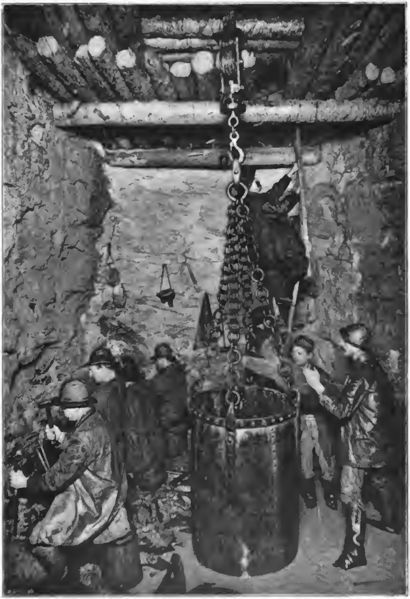
Strecken und Stollen haben gewöhnlich annähernd rechteckigen oder elliptischen Querschnitt — vgl. die Abbildungen S. 102 u. s. w. — man nennt das oben befindliche Gestein die Firste oder das Dach, das unten befindliche die Sohle oder Strosse; die seitlichen Wandungen heißen die Stöße, indem man rechten, bezw. linken, oder nach den Himmelsrichtungen z. B. nördlichen, südlichen Stoß unterscheidet. Das Ende einer Strecke im Gestein heißt Ort (Abkürzung für Arbeitsort). Auch in den Schächten haben die Wandungen die Bezeichnung Stöße.

Das Herstellen einer Strecke nennt der Bergmann treiben oder auffahren, die Herstellung eines Schachtes, wie wir bereits wissen, wenn sie durch Arbeiten in die Tiefe erfolgt, abteufen und wenn, wie das zuweilen der Fall ist, von einer Strecke in die Höhe gearbeitet wird, über sich hauen oder überhauen, da der Arbeiter thatsächlich das Gestein, welches über ihm ist, bearbeiten muß.

Die Benennung der Strecken erfolgt einerseits nach ihrer Lage zur Lagerstätte und zum Gebirgsbau, man unterscheidet in dieser Beziehung streichende, fallende und steigende, diagonale und querschlägige Strecken (vergl. S. 36), außerdem spricht man auch nach dem hauptsächlichsten Zwecke von Förder-, Fahr-, Wasser-, Wetterstrecken u. s. w. Andere Benennungen, welche mehr der örtlichen Gewohnheit ihre Entstehung verdanken, werden bei der Beschreibung der einzelnen Bergreviere erwähnt werden.

Das Ziel aller bergmännischen Arbeiten, welches durch Anlage der Schächte, Stollen und Strecken vorbereitet wird, ist der Abbau der Lagerstätte, die verschiedenen angewendeten Methoden müssen der Natur dieser und des Nebengesteins Rechnung tragen. Da dem Bergbaue namentlich durch das Andringen des Wassers und die Zunahme der Erdwärme nach der Tiefe Grenzen gezogen sind, dieselben liegen zur Zeit bei 1000—1500 m Tiefe, so ist ein wirtschaftliches Umgehen mit der erreichbaren Mineralmenge geboten und daher thunlichst reiner Abbau anzustreben.

Eine systematische Behandlung der verschiedenen Abbaumethoden dürfte hier nicht am Platze sein, zumal dieselben bei Besprechung der wichtigsten Bergreviere geschildert worden sind, es wird daher hier genügen, auf die betreffenden Abschnitte zu verweisen. Die Abbaumethoden mit Bergeversatz, d. h. mit Ausfüllung der abgebauten Räume durch taubes Gestein sind beschrieben: der Firstenbau beim Freiberger Gangbergbau, der Strebbau beim Mansfelder Kupferschieferbergbau, der Querbau beim Quecksilberbergbau zu Idria. Von den Abbaumethoden ohne Anwendung des Bergeversatzes ist der Bruchbau bei Erwähnung des oberschlesischen Blei- und Zinkerzbergbaues berücksichtigt, der Weitungsbau beim Steinsalzbergbau zu Staßfurt und der Pfeilerbau beim Stein- und Braunkohlenbergbau. Von seltener angewendeten Abbaumethoden sind der Sinkwerksbau beim Berchtesgadener Steinsalzbergbau, der Duckelbau beim



118. Schachtabteufen.
Nach Börner u. Georgi, „Der Kohlenbergmann in seinem Berufe“. Verlag Craz u. Gerlach, Freiberg.

Erdwachsbergbau zu Boryslaw in Galizien und der Pingenbau beim Bergbau auf Diamanten zu Kimberley in Südafrika besprochen worden.

Im Gegensatz zu den im vorstehenden erwähnten Abbaumethoden, welche als unterirdische Betriebe zum Grubenbau gehören, nennen wir Tagebau den Abbau unter freiem Himmel, unmittelbar von der Oberfläche aus. Als Beispiel für den Etagentagebau ist der Betrieb zu Eisenerz in Steiermark gewählt worden, die Aufdeckarbeit, welche mit Entfernung des überdeckenden Gebirges beginnt, ist beim Braunkohlenbergbau geschildert, der hydraulische Abbau des Seifengebirges hat beim kalifornischen Goldbergbau Erwähnung gefunden; auch die an und für sich seltene Gewinnung von Mineralien aus dem Wasser ist beim uralischen Seifenbetriebe, beim Schöpfen der finnischen Seeerze und bei der Bernsteingewinnung im preußischen Samlande berücksichtigt worden.



119. Ein Stollenmundloch. Nach Heuchlers Werk „Die Bergknappen“.

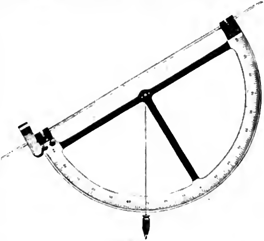
Sobald der Bergbaubetrieb einige Ausdehnung annimmt, ist zu seiner zweckentsprechenden Fortführung die Vermessung der sämtlichen Grubenbaue und ihre zeichnerische Darstellung auf besonderen Plänen, welche auch die Gestaltung der Oberfläche und die auf ihr befindlichen Baulichkeiten enthalten, unbedingt erforderlich, sie heißen Risse, Grubenrisse. Diejenigen bergmännischen Beamten, welchen die Herstellung und Fortführung derselben obliegt, werden Markscheider genannt. Diese Bezeichnung ist davon abzuleiten, daß in älterer Zeit die Grenzen der Grubenfelder Markscheiden hießen, und daß es damals die wichtigste Aufgabe der bergmännischen Vermessungsbeamten war, die Grubengrenzen auf der Oberfläche festzustellen und ihre Lage in den Grubenbauen (unter Tag) zu bestimmen. Der Mangel natürlicher Beleuchtung und die häufig vorhandene Beschränktheit des Raumes bringt es mit sich, daß zur Ausführung der Vermessungsarbeiten zum Teil eigenartige Methoden und Instrumente angewendet werden. Die ältesten Hilfsmittel des Markscheiders sind der Kompaß und der Gradbogen (Abb. 120 u. 121), beide sind so eingerichtet, daß sie an eine straff gespannte Schnur angehängt werden können, mittels des Hängekompasses wird die Richtung gegen den magnetischen Meridian und mittels des Gradbogens die

Neigung gegen den Horizont bestimmt. Beide Instrumente zusammen werden auch das **Hängezeug** genannt, und das Verfahren bei der Aufnahme besteht darin, daß zunächst durch die Grubenbaue fortlaufend an eingetriebenen Nägeln Schnuren gespannt werden, dann an jeder derselben Richtung und Neigung, zuletzt die Länge mittels Meßkette oder Meßband gemessen werden. Die **Meßbänder** werden jetzt aus einem Stahlstreifen von 10 mm Breite und $^1/_2$ mm Stärke für die gewöhnlichen Zwecke bis zu 50 m Länge gefertigt und sind mit metrischer Teilung versehen, man kann mit denselben die Längen sehr genau messen; zur bequemen Handhabung sind die Bänder in starken Metallkapseln aufgewickelt. Da die Lage des magnetischen Meridians, d. h. die Richtung, in welche sich eine wagerecht schwebende Magnetnadel einstellt, gegen die wahre Nord-Südrichtung beständigen Änderungen unterworfen ist, und die Vermessungen stets auf die wahre Nord-Südrichtung bezogen werden, so ist noch die **Deklination**, d. h. der Winkel zwischen dem magnetischen und dem wahren Meridian zu bestimmen und in Rechnung zu setzen. Die hierzu erforderlichen Instrumente heißen Deklinatorien.



120. Hängekompaß.

Die neueren Verfahren für Grubenmessungen schließen sich denjenigen der Feldvermessung an, das am häufigsten angewendete Instrument ist der **Grubentheodolith** (s. Abb. 122), auf dessen Bauart hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann. Aber der komplizierte Bau und die vielen Schräubchen, die alle bei einer Messung zur Aufstellung des Instrumentes, zur Einstellung des Fernrohres und zur Ablesung an den feinen Teilungen sachgemäß benutzt werden müssen, lassen die Schwierigkeit der Arbeit im Düster der Grubenräume ahnen. Noch sei erwähnt, daß bei Messungen in der Grube **Lichtsignale** Anwendung finden, wie sie beispielsweise in Abb. 123 dargestellt sind. Zu jeder Winkelmessung gehören zwei Signale; mittels des Theodolith-Fernrohres werden die Signalscheiben angezielt, welche durch eine Kerze erhellt sind.



121. Gradbogen.

In nebenstehender Tafel ist ein Versuch gemacht worden, zur Erläuterung des über die Grubenbaue Gesagten, den **Riß einer Erzgrube** darzustellen, welche auf mehreren

Gängen Betrieb hat. Es soll hierdurch zu gleicher Zeit ein Beispiel für die Anlage solcher Risse gegeben werden; außer dem Grundrisse ist auch der Seigerriß gezeichnet, d. h. die Projektion auf eine senkrechte Ebene. Die Beschaffenheit der Oberfläche ist in Horizontalkurven (Linien gleicher Höhe dargestellt), aus deren Verlauf sich ergibt, daß das Gelände von 310 m Höhenlage über dem Spiegel der Ostsee an dem im östlichen Teile verlaufenden Sehma Bache bis zu 380 m im westlichen Teile ansteigt. Die Wege sind braun eingetragen, die Gebäude, soweit sie zur Grube gehören, sind in Karmin, die Privatgebäude grau schraffiert. Das Quadratnetz, dessen Linien der Nord-Süd- und Ost-West-Richtung parallel laufen, dient dem Markscheider zum Eintragen der in den verschiedenen Grubenbauen gemachten Vermessungen. Die Schächte sind auf dem Risse grau angelegt, während die Rösche, der Stollen und die Strecken mit verschiedenen Farben getuscht sind, und zwar liegen jedesmal die in derselben Farbe gehaltenen Baue in gleicher Höhe, sie bilden eine Sohle (einen Horizont). Wenn man die Aufschlagrösche (blau), auf welcher das Betriebswasser für das am Friedrich Treibeschachte eingebaute Wasserrad mit etwa 12 m Gefälle zufließt, nicht als eigentliche Bausohle betrachtet, so sind deren drei vorhanden, nämlich die Stollensohle (zinnober), auf der das Kraftwasser wieder zur Oberfläche geführt wird, um vom Stollenmundloche dem Bache zuzufließen, die etwa 38 m tiefer liegende erste Sohle (gelb) und die weitere 30 m tiefere zweite Sohle (grün). Die auf dem Risse für Sohle gewählte Bezeichnung Gezeugstrecke entspricht der Gewohnheit des Erzbergbaues, während beim Kohlenbergbau der Ausdruck Sohle allgemein üblich ist. Von den Schächten sind der Friedrich Kunst- und Treibeschacht und der Neuschacht Hauptschächte, der erstere ist flach angelegt, er folgt dem Fallen des einen Hauptganges, Karl Spatgang, während der Neuschacht als Richtschacht lotrecht abgeteuft ist. Der erstere, der Friedrich-Schacht ist in der Stollensohle und in der zweiten Gezeugstrecke mit dem zweiten Hauptgange, dem Hilfgott Morgengange, durch senkrecht zum Streichen desselben verlaufende Strecken — Querschläge genannt — verbunden, in gleicher Weise sind von dem ganz im Gestein stehenden Neuschachte auf der Stollensohle nach dem Hilfgott Morgengange, und auf der zweiten Gezeugstrecke nach dem Karl Spatgange Querschläge getrieben. Die übrigen Schächte verbinden nur einzelne Sohlen in der Grube, es sind Zwischen- oder Durchschnittsschächte. Außer den beiden bereits genannten Gängen sind noch im östlichen Felde der Nathan Flache Gang und im westlichen Feldteile der Vertrauen Stehende Gang durch Strecken erschlossen. Die verschiedenen Beifügungen Spat-



122. Grubentheodolith.

gang, Morgengang, Flache- und Stehende Gang sind im Königreich Sachsen übliche Bezeichnungen, welche mit der Streichrichtung der Gänge in Beziehung stehen. Sowohl im Grund- als auch im Seigerrisse sind die abgebauten Gangflächen (Abbaue) durch Anlage hervorgehoben und zwar diejenigen auf dem Karl Spatgang in grauer Farbe und diejenigen auf dem Hilfgott Morgengange in bräunlichem Farbentone. Die eingetragenen Höhenzahlen sind auf eine ideelle Linie in 300 m Höhe über dem Ostseespiegel als Nulllinie bezogen, sie tragen zur Verdeutlichung der Höhenunterschiede bei. Ein beigefügter Maßstab im Verhältnisse 1:2000 — es sind also 10 m wirkliche Länge auf dem Risse als 5 mm dargestellt — dient zur Messung der horizontalen Längen mittels Zirkel.



123. Lichtsignal.

Die Gesteinsarbeiten.

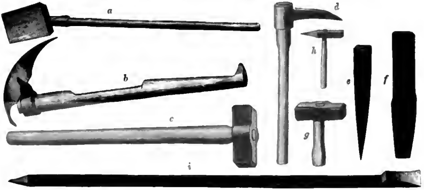
Wir müssen nun ferner der Frage näher treten, welches die Mittel sind, mit denen der Bergmann die Grubenbaue in den verschiedenen Gesteinen herstellt. Diese Arbeitsmethoden werden Gesteinsarbeiten oder Gewinnungsarbeiten genannt, da das Trennen der Gesteinsmassen aus dem natürlichen Zusammenhange auch gewinnen heißt; die hierzu erforderlichen Werkzeuge heißen auch Gezähe. Der Beschaffenheit der Gesteine, in welche der Bergmann eindringen will, muß sich die Arbeitsweise anpassen, und man unterscheidet in dieser Hinsicht lose Gesteine, wie Sand und Gerölle, anderseits weiche Massen wie Torf und Thon, von den festen Gesteinen, die wiederum nach dem Grade des Zusammenhanges in weniger feste, wie z. B. Braunkohle, feste, wie Kalkstein und Thonschiefer, und sehr feste, wie Quarz und Schwefelkies, unterschieden werden. Klüftige Gesteine, z. B. manche Sandsteine und Steinkohlen, sind solche, die von vielen natürlichen Rissen und Sprüngen durchzogen sind, sie gestatten eine Gewinnung mittels Keil und Fäustel; lösliche Gesteine, wie die Salze, lassen sich durch Wasser bearbeiten, das auch in anderen Fällen als Hilfsmittel angewendet wird. Besondere Vorsicht ist bei dem Arbeiten in Schwimmsand (mit Wasser getränkter feiner Sand) erforderlich, da dieser dünnflüssig wie Wasser ist; wir werden bei der Besprechung der Arbeiten in wasserreichem Gebirge hierauf zurückkommen.

Lose Gesteine und gewonnene Massen, d. h. solche, deren Zusammenhang bereits durch andere Mittel getrennt ist, werden mittels Kratze und Trog oder mittels der Schaufel weggefüllt, die Kratze (Abb. 124 b) dient mit ihrem rechtwinkelig zum Stiele stehenden Blatte zum Heranziehen der losen Massen auf den mulden- oder kastenförmigen Trog, mittels dessen sie dann gewöhnlich eine Strecke weit, etwa bis in einen Hund befördert werden. Auf unserer Abb. 274 S. 224 arbeitet im Vordergrunde ein Mann mit der Kratze. Die Schaufel (Abb. 124 a) ist ein viel gebrauchtes Werkzeug, das rechteckige Blatt und der Stiel bilden einen stumpfen Winkel. Weiche Gesteine werden mittels Spaten losgestochen, dessen Blatt in der Richtung des Stieles steht.

Für weniger feste Gesteine ist die Arbeit mit der Keilhaue (Abb. 124 d) von großer Wichtigkeit, sie ist für den Kohlenbergmann unentbehrlich. An der gewöhnlichen

Keilhaue ist das Blatt etwas gekrümmt und läuft in eine stumpfe Spitze aus, eine andere Form, die **Doppelkeilhaue** oder das **Flügeleisen** hat zwei Spitzen, auf jeder Seite des Stieles eine, sie liegt dem Arbeiter bequemer in der Hand, da das Gewicht gleichmäßig verteilt ist. Der Umstand, daß sich die Spitze leicht abnutzt und die ganze Keilhaue dann zum Schärfen in die Schmiede geschafft werden muß, ist Veranlassung geworden, Keilhauen in den Handel zu bringen, bei denen eine Anzahl passender Spitzen in das Blatt nach und nach eingesetzt werden kann, zum Schärfen werden nur die Einsatzspitzen in die Schmiede gegeben.

Die Arbeit mit der Keilhaue wird bei leichter Gewinnung so ausgeführt, daß die Massen z. B. Thon oder weichere Braunkohle in einzelnen großen Stücken gelöst werden, indem mit der Keilhaue an verschiedenen Stellen Einhiebe gemacht werden. In festeren Gesteinen, z. B. in der Steinkohle, muß namentlich beim Treiben von Strecken so gearbeitet werden (Abb. 125), daß am Kohlenstoß zunächst ein Einschnitt in der Flözebene, der **Schram**, bei sehr fester Kohle auch noch links und rechts je ein hierzu senkrechter Einschnitt, **Schlitz**, herausgehauen wird. Hierdurch wird der Zusammenhang gelockert, und es kann nun die über dem Schram befindliche Kohlenmasse, die **Oberbank**, und später



124. Bergmännische Werkzeuge.

die **Unterbank** leicht, z. B. durch das Eintreiben von Keilen gewonnen werden, die Steinkohle fällt in großen Stücken. — Auch beim Mansfelder Kupferschieferbergbau ist die Keilhauenarbeit von wesentlicher Bedeutung.

Der Teil der Keilhauenarbeit, welcher im Herstellen von Schram und Schlitz besteht, kann auch durch Maschinen — **Schrämmaschinen** — ausgeführt werden, ihre Anwendung ist jedoch nur unter ganz besonderen Umständen vorteilhaft, bei regelmäßiger Flözlagerung und da, wo die Arbeitslöhne sehr hohe sind. In Deutschland haben sich diese Maschinen nicht eingebürgert, dagegen werden sie z. B. in Großbritannien und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in mannigfacher Bauart angewendet. Das Schneidwerkzeug der gangbarsten dieser Maschinen besteht aus einer kreisrunden Scheibe, die an ihrem Umfange mit Schneidstählen besetzt ist, letztere können zum Schärfen ausgewechselt werden und sind erheblich breiter als bei dem Blatt einer Kreissäge, das im übrigen mit dem Schneidwerkzeug einer Schrämmaschine Ähnlichkeit hat; der Antrieb der Maschine erfolgt durch Preßluft oder Elektrizität.

In Verbindung mit der Keilhauenarbeit wird häufig die **Keilarbeit** angewendet, besonders im klüftigen Gestein und im geschichteten Gebirge, im letzteren bieten die Schichtungsfugen Gelegenheit zum Eintreiben der Keile, da auf denselben leicht ein Ablösen der einzelnen Bänke stattfindet. Die hierzu verwendeten Werkzeuge sind Keile und schwere Hämmer. Man unterscheidet **Spitzkeile** von quadratischem Querschnitt (Abb. 124 e) und **Flachkeile** von schmalem rechteckigen Querschnitt (Abb. 124 f). Der

zum Eintreiben derselben dienende langgestielte schwere Hammer heißt Treibefäustel (Abb. 124 c) und hat ein Gewicht von 4—6 kg. Zuweilen kommt auch die Brechstange (Abb. 124 i) zur Anwendung, eine etwa 5 cm starke eiserne Stange, die entweder mit der stumpfen Spitze oder mit der Schneide in die Spalten eingezwängt und dann zum Loswuchten benutzt wird.

Beim Steinbruchbetriebe wird das Teilen größerer Blöcke nach geraden Linien durch das langsame Eintreiben einer großen Anzahl von Keilen häufig angewendet.

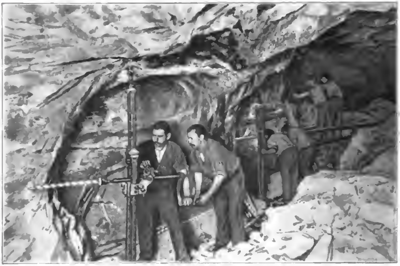


125. Schrämarbeit vor Ort.

Zur Bearbeitung der festen Gesteine bediente man sich früher ausschließlich des Schlegels und Eisens (g und h Abb. 124 oder des Feuersetzens, wie in der Einleitung (S. 8) des näheren ausgeführt wurde, die Anwendung der Sprengarbeit wurde erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts allgemeiner und hat seitdem nicht nur für den Bergbaubetrieb, sondern für das ganze Ingenieurwesen immer mehr an Bedeutung gewonnen. Bei Ausführung derselben muß zunächst ein Bohrloch hergestellt werden, ein cylindrischer Hohlraum von etwa 20—25 mm Weite und bis zu 1,0 m und mehr Tiefe, in den untersten Teil desselben wird der mit der Zündung versehene Sprengstoff eingeführt und der verbleibende Teil des Bohrloches gut verschlossen, jedoch so, daß die Zündung nicht verletzt wird und zugänglich bleibt. Darauf wird mittels der letzteren der Sprengstoff zur Explosion gebracht, derselbe setzt sich plötzlich in Gase von so hoher Spannung um, daß das Gestein in der Umgebung des Bohrloches zertrümmert wird.

Die Herstellung des Bohrloches, der schwierigste Teil der Arbeit, erfolgt in minder festem Gestein, z. B. im Steinsalz, in der Steinkohle und im Schieferthon, mit Hilfe des drehend gebrauchten Spiralbohrers, in festeren Gesteinen wird mittels Meißelbohrer und Fäustel (Hammer) gebohrt. Die Form des Spiralbohrers ist auf der Abb. 126 deutlich zu erkennen, auf welcher derselbe übrigens in Verbindung mit der später zu besprechenden Lisbethschen Handbohrmaschine benutzt wird. Der Meißelbohrer besteht aus einer stählernen, meistens achtseitigen Stange, an welche eine etwas breitere Schneide geschmiedet ist (Abb. 127), das Fäustel ist ein leichterer Hammer von etwa $1\frac{1}{2}$ kg Gewicht. Beim Bohren werden mit dem Fäustel Schläge auf das Ende (die Bahn) des Bohrers ge-

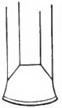
führt, hierbei hält entweder derselbe Mann mit der linken Hand den Bohrer und schlägt mit dem in der rechten Hand gehaltenen Fäustel zu (Abb. 128), dieses Verfahren nennt man **einmännisches Bohren**, oder (Abb. 129) ein Mann führt den Bohrer und ein zweiter schlägt mit einem etwas schwereren Fäustel zu (**zweimännisches Bohren**); am häufigsten wird einmännisch gebohrt. Beim Bohren sind aber noch einige Nebenarbeiten zu verrichten. Damit das Loch rund wird, muß der Bohrer wie beim stoßenden Tiefbohren nach jedem Schlage etwas um seine Achse gedreht, er muß umgesetzt werden. Ferner muß bei abwärts gerichteten Löchern mit dem **Krätzer** das entstehende Gesteinsmehl von Zeit zu Zeit entfernt werden, damit die Bohrschneide das Gestein besser angreift. Wird, um die Bildung des lästigen Gesteinsstaubes zu vermeiden, beim Bohren etwas Wasser in das Bohrloch gethan d. h. naß gebohrt, so bildet sich der sogenannte Bohrschmand, ein dicklicher Brei. Der Krätzer besteht aus einer schwachen runden Eisenstange, an deren einem Ende ein kleines Blatt von der Größe des Bohrlochquerschnittes rechtwinkelig



126. Bohren mit Spiralbohrer und Liebeltyschen Handbohrmaschinen im Kalisalz von Leopoldshall.
Nach photographischer Aufnahme von Börner.

angeschmiedet ist, während das andere Ende mit einem länglichen Öhr versehen ist; letzteres dient zum Durchziehen eines Lappens, um nach dem nassen Bohren und vor dem Einbringen des Sprengstoffes das Bohrloch auszutrocknen.

Zur Herstellung eines Bohrloches braucht übrigens der Arbeiter (Häuer oder Hauer) eine ganze Anzahl Bohrer, da in festem Gestein die Schneiden bald stumpf werden. Entsprechend dem Tieferwerden des Bohrloches haben die Bohrer verschiedene Länge und auch Schneidenbreite und zwar haben die kurzen Bohrer breitere, die längeren Bohrer schmälere Schneiden. In noch höherem Maße nämlich als die Schärfe nutzen sich die überstehenden Ecken der Schneide ab, diese wird hierdurch beim Bohren ganz allmählich etwas schmäler, und wenn dann nach Abnutzung des ersten Bohrers das Bohren mit einem zweiten fortgesetzt werden soll, so muß dessen Schneide um die Abnutzung der Ecken schmäler sein als diejenige des zuerst gebrauchten. Die Grubenschmiede, welche die Bohrer schärfen, haben im Herrichten der Bohrerschneiden große Erfahrung.



127. Schneide eines Meißelbohrers.

Wie schon bemerkt, ist die Herstellung der Bohrlöcher namentlich in sehr festen Gesteinen eine schwere Arbeit, die viel Zeit erfordert. Es war daher ein wesentlicher Fortschritt in der bergmännischen Technik, als Maschinen für diesen Zweck in Gebrauch genommen werden konnten. Seitdem im Jahre 1863 die erste Gesteinsbohrmaschine in den Bergbaubetrieb eingeführt wurde, ist die Anzahl der Konstruktionen eine sehr große geworden. Es ist hier nicht möglich, auf alle Einzelheiten des Baues dieser Maschinen einzugehen, aber es mögen die Hauptsachen wenigstens kurz erwähnt werden. Es gibt stoßend wirkende Maschinen, welche mittels Meißelbohrer arbeiten, und außerdem drehend wirkende Gesteinsbohrmaschinen, letztere sind für weichere Gesteine mit Spiralbohrer versehen, für die harten Gesteine mit Kernbohrer, dessen Ringfläche wie bei der Tiefbohrung mit Diamanten besetzt ist, seltener Stahlschneiden trägt.

Unter den mit Spiralbohrer in weichen Gesteinen arbeitenden Maschinen ist die Lisbethsche Handbohrmaschine, die weiter oben schon kurz erwähnt wurde, die bekannteste (Abb. 126). An einer leichten Spannsäule (siehe weiter unten) ist ein Lager angebracht, welches eine Schraubenmutter enthält, in diese wird die als entsprechende



128. Häuer im Abbau (Einmännisches Bohren).
Relief von E. Heuchler.



129. Kohlenhäuer vor Ort (Zweimännisches Bohren).
Relief von E. Heuchler.

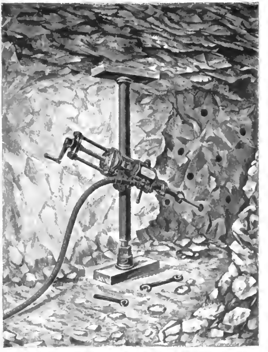
Verlag von Robert Paeßler, Freiberg in Sachsen.

Schraubenspindel geschnittene Bohrerstange eingelegt. Mittels Kurbel dreht der Arbeiter den Spiralbohrer, und dieser rückt bei jeder Drehung um eine Gewindehöhe weiter vor, dieses Maß muß daher der Gesteinsbeschaffenheit angepaßt werden. Andere ähnlich gebaute Maschinen werden mittels Elektromotor angetrieben ebenso wie die Diamantbohrmaschinen für feste Gesteine; die Arbeit der letzteren ist jedoch wegen des hohen Kostenaufwandes an Bohrdiamanten für die Sprengarbeit zu teuer.

Die Brandtsche Bohrmaschine beansprucht ein erhöhtes Interesse wegen der Eigenartigkeit des Baues. Mittels zweier durch Preßwasser von etwa 150 Atmosphären Spannung betriebener Wassersäulenmaschinen wird der mit Stahlschneiden besetzte Ringbohrer angedrückt und gedreht. Die Maschine scheint berufen zu sein, demnächst die in Aussicht genommene Durchbohrung des Simplon zwecks Herstellung eines fast 20 km langen Eisenbahntunnels auszuführen. Nach ausgedehnten Vorversuchen ist hierbei ein jährlicher Fortschritt von 4 km in Aussicht genommen, während beim St. Gotthardtunnel nur 2 km und beim Mont-Cenis-Tunnel nur 1 km erreicht wurde.

Unter den stoßenden Bohrmaschinen gibt es keine brauchbaren Maschinen mit Handbetrieb, sondern nur mechanisch betriebene. Abgesehen von den neueren erst seit wenigen Jahren wirklich betriebsfähigen elektrischen Stoßbohrmaschinen ist die bewegende

Kraft für die sämtlichen anderen Preßluft; sie wird von Kompressoren gewöhnlich bis zu 5 Atmosphären Spannung gepreßt und dann in eisernen Rohrleitungen den Verbrauchsorten zugeführt. Bei allen Systemen ist der Meißelbohrer mit einem Kolben verbunden, der mit Hilfe einer Steuerung in schnell hin- und hergehende Bewegung gesetzt wird, dabei werden in einer Minute mehrere hundert kräftige Schläge auf das Gestein geführt. Nach dem, was beim Handbohren und Tiefbohren ausgeführt wurde, muß der Meißelbohrer vor jedem Schlage umgesetzt, etwas gedreht werden, auch diese Arbeit besorgen die Bohrmaschinen selbstthätig, und zwar indem der Kolben beim Rückgange durch eine rückwärtige Kolbenstange mit sehr steilem Schraubengewinde (etwa so verlaufend wie die Drallzüge in den gezogenen Gewehren) in der entsprechend gestalteten Nabe eines festgestellten Sperrrades geführt und um einen bestimmten Winkel gedreht wird, während er beim Vorstoße nach jedesmaliger Auslösung des Sperrrades geradeaus geht. Mit dem Tieferwerden des Bohrloches muß endlich die Bohrmaschine entsprechend vorgerückt werden; dies wird nach Bedarf mit der Hand besorgt. Eine Schraubenspindel wird langsam an einer Kurbel gedreht und dadurch die Maschine, welche die entsprechende Schraubenmutter trägt, parallel zur Achse des Bohrers auf einem Schlitten vorgeschoben. Der letztere ist hierbei an einer Spannsäule festgestellt. Sie besteht aus zwei als Schraubenspindel und Schraubenmutter gegeneinander beweglichen Teilen und kann daher nach Bedarf verkürzt und verlängert und somit in der Strecke festgestellt werden. Abb. 130 zeigt eine der üblichen bergmännischen Gesteinsbohrmaschinen an der Spannsäule und zwar System Rudolph Meyer nach einer Zeichnung der Fabrik in Mülheim an der Ruhr. Übrigens ist es möglich, die Bohrmaschine an der feststehenden Spannsäule in jede beliebige Lage gegen den Arbeitsort zu bringen, da nach Lösen der betreffenden Preßschrauben der Schlitten an der Spannsäule aufwärts und abwärts verschoben und auch um die Spannsäule (wenn diese senkrecht steht, in der horizontalen Ebene) gedreht werden kann. Außerdem läßt sich aber die Maschine nebst dem Schlitten auch in einer parallel zur Spannsäule gelegenen Ebene kippen. So können Bohrlöcher in jeder gewünschten Richtung gebohrt werden. Beim Auffahren breiterer Strecken werden ebenso wie beim Tunnelbetrieb mehrere Bohrmaschinen (vergl. Abb. 131) auf einem fahrbaren Gestell befestigt.



130. Schraubenspannsäule mit Meyerscher Gesteinsbohrmaschine.

Die elektrisch angetriebenen stoßenden Gesteinsbohrmaschinen sind zum Teil Spulenmaschinen, auch Solenoidmaschinen genannt. Bei denselben wird ein weicher Eisenkern, der den Bohrmeißel trägt, durch elektrische Ströme, die abwechselnd zwei Spulen

durchlaufen, hin- und hergeschleudert. Anders ist die Bauart der Maschine von Siemens & Halske in Berlin, es wird hier die Drehung eines Elektromotors auf eine Kurbel übertragen, und diese setzt mit Hilfe eingeschalteter starker Federn die Bohrerstange in hin- und herschwingende Bewegung. In der äußeren Form sind die elektrischen Bohrmaschinen den durch Preßluft betriebenen durchaus ähnlich.

Die elektrische Kraftübertragung ergibt einen wesentlich höheren Wirkungsgrad als die Übertragung durch Preßluft, trotzdem wird die letztere im Bergbaubetriebe oft bevorzugt, weil die verbrauchte Luft zu gleicher Zeit der Wetterversorgung zu gute kommt.

Die Arbeit mit Gesteinsbohrmaschinen ist bis in die Einzelheiten durchgebildet, so daß es heute möglich ist, in den härtesten Gesteinen durchschnittlich 100 m Strecke im Monat aufzufahren, allerdings pflegt die Maschinenarbeit etwas teurer zu sein als die Handarbeit.

Die Sprengstoffe. Fast 2 Jahrhunderte hindurch, von der Einführung der Sprengarbeit beim Bergbau bis zum Jahre 1862, als Nobel das Nitroglycerin einführte,

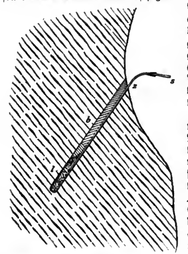


131. Bohrgestell für vier Meyersche Gesteinsbohrmaschinen.

war das Schwarzpulver der einzige Sprengstoff, der dem Bergmann zur Verfügung stand. In der kurzen Zeit von 35 Jahren hat sich dann die Zahl der Sprengstoffe außerordentlich vermehrt.

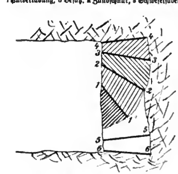
Das Schwarzpulver besteht aus einem Gemenge von etwa 70 Gewichtsteilen Kalisalpeter, 14 Gewichtsteilen Schwefel und 16 Gewichtsteilen Holzkohle. Diese drei Gemengteile werden möglichst fein zerkleinert und dann innig gemischt. In den Handel kommt das Sprengpulver als gekörntes und in neuerer Zeit auch als gepreßtes (komprimiertes) Pulver, das letztere in der Form von Cylindern vom Durchmesser des Bohrloches mit einem Kanal in der Achse. Sprengpulver kann mit Vorteil nur in trockenen Bohrlöchern und in kluftfreiem Gestein verwendet werden; die Feuchtigkeit löst den Salpeter, und vorhandene Klüfte lassen die Sprenggase entweichen, ohne daß die beabsichtigte Wirkung eintritt. Man bringt die Pulverladung gewöhnlich mittels Zündschnur zur Entzündung, letztere besteht aus einer Pulverseele und einer Hanfumwickelung, das eine Ende der Zündschnur wird in die Pulverpatrone eingeführt, das andere Ende ragt zum Bohrloche heraus (s. Abb. 132). Der von der Sprengladung nicht eingenommene Teil

des Bohrloches muß beim Schwarzpulver sorgfältig mit Thon ausgefüllt (besetzt) werden, weil sonst die Sprenggase, welche sich langsam entwickeln, entweichen würden. Zum Einführen des Besatzes dient der Stampfer, am besten eine messingene Stange vom Querschnitt des Bohrloches mit vertiefter Nut, um für die Zündschnur Platz zu lassen. Das aus dem Bohrloch herausragende Ende der Zündschnur wird gewöhnlich nicht unmittelbar, sondern mittels eines daran befestigten Schwefelfadens angezündet, der Arbeiter entfernt sich schnell und der zündende Funke schreitet mit etwa 1 cm Geschwindigkeit in der Sekunde in der Zündschnur fort, bis er an die Pulverladung gelangt und diese zur Explosion bringt. Ähnlich gestaltet sich die Verwendung des gepreßten (komprimierten) Pulvers, nur können hierbei die Papierpatronen, in denen das gekörnte Pulver beim Laden eingeführt werden muß, in Fortfall kommen.



132.
Besetzen eines Sprengloches mit Pulverladung.
l Pulverladung, b Besatz, z Zündschnur, s Schwefelfaden.

Das Nitroglycerin oder Sprengöl war vor seiner Einführung als Sprengstoff durch Nobel, bereits längere Zeit als Heilmittel bekannt, es wird hergestellt durch Behandlung von Glycerin mittels Salpetersäure und Schwefelsäure, bildet eine helle, ölige Flüssigkeit und kann nicht durch einfache Entzündung mittels Zündschnur, sondern nur durch einen starken Schlag zur Explosion gebracht werden. Hierzu dient ein Sprenghütchen, welches mit Knallquecksilber gefüllt ist, dieses wird auf das untere Ende der Zündschnur geschoben, durch eine Zange fest gedrückt und dann in das Nitroglycerin eingeführt. Wegen der schnellen Entwickelung der Sprenggase genügt hier ein lockerer Besatz, der lediglich den Zweck hat, ein Verrücken der Zündschnur zu verhindern. Der Zündfunke bringt die Knallquecksilberkapsel zur Explosion und durch den starken Schlag setzt sich das Nitroglycerin momentan in Sprenggase um, die Wirkung soll theoretisch dreizehnmal so stark sein wie diejenige eines gleichen Gewichtes Schwarzpulver. Leider ist das Nitroglycerin jedoch als Flüssigkeit ein unbequemer und außerdem ein gefährlicher Sprengstoff. Man braucht z. B. bei aufwärts gerichteten Bohrlöchern, die im Bergbaubetriebe vielfach vorkommen, eine besondere wasserdichte Patrone zur Einführung des Nitroglycerins. Auch sind dadurch viele Unglücksfälle herbeigeführt worden, daß Reste von Nitroglycerin sich in das Gestein gezogen haben und bei späterer Gelegenheit unter der Einwirkung von Hammerschlägen zur Explosion gelangten. In den meisten Kulturstaaten wurde daher die Benutzung des Sprengöls untersagt.



133. Ansetzen der Sprenglöcher vor einem Streckenorte.

Nobel machte jedoch seine Erfindung dadurch nutzbar, daß er aus einem Aufsaugestoff und zwar Kieselguhr (vergl. Abschnitt Steinbruchbetrieb) und der nötigen Menge Sprengöl einen bei gewöhnlicher Temperatur knetbaren Sprengstoff, das Guhrdynamit, herstellte. Dieses kann, allerdings unter Anwendung von Sprengkapseln, ganz ähnlich wie Schwarzpulver behandelt werden und führte sich sehr bald in die Sprengtechnik ein.

Je nach dem höheren oder niedrigeren Gehalt an Sprengöl (75—55 %) unterscheidet man Guhrdynamit 1, 2 und 3. In der Praxis rechnet man, daß die Wirkung eines gleichen Gewichtes Guhrdynamit etwa dreimal so stark ist, wie diejenige des Sprengpulvers. Beim Gebrauch muß darauf Rücksicht genommen werden, daß Guhrdynamit bei Temperaturen unter + 8° C. seine Knetbarkeit verliert und hart wird, man sagt, es gefriert. Derartiges Dynamit ist äußerst gefährlich und darf nicht zu Sprengungen verwendet werden, dasselbe muß vielmehr in eigenen Vorrichtungen, z. B. dem Nobelschen Topf, welcher Ähnlichkeit mit dem Leimtopf der Tischler hat, durch Wasserwärme erweicht werden. Ferner gestattet zwar das Guhrdynamit, wenn die Zündung wasserdicht umhüllt ist, auch Sprengungen im Wasser, es zersetzt sich jedoch, wenn es längere Zeit mit dem Wasser in Berührung bleibt, unter Ausscheidung von flüssigem Sprengöl und wird hierdurch gefährlich. Endlich ist die Sprengwirkung des Guhrdynamits, verglichen mit derjenigen des Sprengöles, eine niedrige, weil der Aufsaugestoff indifferent ist. Die Bestrebungen richteten sich daher darauf, Dynamite zu erzeugen, bei denen der Aufsaugestoff selbst ein Sprengstoff ist. Als solcher diente die Schießbaumwolle, welche durch Behandlung von Baumwolle mittels Salpetersäure hergestellt wird und die Eigentümlichkeit besitzt, sich in Nitroglycerin zu lösen. Auf diese Weise wurde die Sprenggelatine hergestellt, später fügte man zu dieser Mischung der besseren Haltbarkeit wegen noch etwas Schwarzpulver hinzu und erhielt so das heute fast allgemein angewendete Gelatinedynamit.

Dieses letztere hat sich im Erzbergbau und in der sonstigen Ingenieurtechnik neben dem Guhrdynamit fast allgemein eingeführt, nur im Steinkohlenbergbau können beim Auftreten von Schlagwettern die Dynamite und die beschriebene Zündungsweise wegen der Gefahr der Schlagwetterexplosion nicht zur Verwendung gelangen. Es sind daher für diese Zwecke besondere Sicherheitssprengstoffe und eigenartige Zündmethoden, vor allem die elektrische Zündung, behördlich vorgeschrieben worden. Das Nähere hierüber vergl. unter Abschnitt Steinkohlenbergbau.

Die Benutzung der Sprengstoffe auf den Gruben ist seit Erlaß reichsgesetzlicher Bestimmungen gegen den verbrecherischen und gemeingefährlichen Gebrauch der Sprengstoffe (9. Juni 1884) sehr strengen bergpolizeilichen Vorschriften unterworfen, die sich auf die Anschaffung, die Beförderung und Aufbewahrung unter Tage, auch die Verausgabung an die Arbeiter und die Verwendung beziehen. Dieselben müssen auf das peinlichste beobachtet werden, vor allem gehört hierzu auch eine genaue Buchführung über die Bestände.

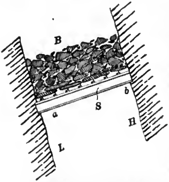
Die Ausführung der Schießarbeit kann von den Arbeitern nur durch langjährige, praktische Erfahrung gelernt werden und muß sich den Gesteinsverhältnissen anpassen. Um ein einfaches Beispiel anzuführen, sei der Betrieb eines Streckenortes im Gestein, z. B. Granit, kurz beschrieben (Abb. 133). Ist der Ortsstoß zunächst angenähert glatt, so wird über die Breite des Ortes eine erste Reihe von Bohrlöchern hergestellt (1 in der Abb.) und hierdurch die dunkel schraffierte Gesteinsmasse herausgesprengt, der Bergmann sagt, es wird Einbruch geschossen, sodann folgen nacheinander die Bohrlöcher der 2., 3. und 4. Reihe, wodurch die obere Hälfte des Ortes — in der Abbildung fein schraffiert — herausgesprengt wird. Sodann ist noch durch die Bohrlochreihen 5 und 6 der untere Teil der Gesteinsmasse zu gewinnen, wodurch dann der Ortsstoß angenähert wieder glatt ist und dasselbe Verfahren erneut zur Anwendung gelangen kann; hierbei muß auf etwaige Klüfte im Gestein Rücksicht genommen und der Sprengstoff möglichst gut ausgenutzt werden. Die Größe der Sprengladung läßt sich für jedes Gestein nur durch Erfahrung festsetzen. Da die Häuer naturgemäß die Bohrlöcher gern zu stark laden, um der Wirkung sicher zu sein, so müssen dieselben von dem Lohne für einen Meter herausgeschossene Streckenlänge die verbrauchten Sprengmittel der Grube zum Selbstkostenpreis bezahlen.

Die Gesteinsarbeit mit Zuhilfenahme des Wassers ist beim Salzbergbau, wo seine lösende Wirkung in Frage kommt, und beim Abbau der Goldseifen, wo seine mechanische Kraft ausgenutzt wird, ausführlich besprochen worden.

Der Grubenausbau.

Die Grubenräume, welche der Bergmann herstellt, müssen, solange sie ihrem Zwecke dienen sollen, auch zugänglich bleiben. In sehr festen Gesteinen wie Gneis, Kalkstein halten sich die Grubenbaue fast eine unbegrenzte Zeit lang in dem ursprünglichen Zustande, auch in manchen weniger festen Gesteinen stehen die Grubenbaue gut, wenn der Gebirgsdruck nicht groß ist, z. B. im Steinsalz, in der Stein- und Braunkohle. Ist aber das Gebirge rollig oder zerklüftet, oder zersetzt es sich unter dem Einfluß von Luft und Feuchtigkeit, wie namentlich die thonigen Gesteine, oder wird der Gebirgsdruck größer, so müssen die Grubenräume durch **Ausbau** unterstützt werden, weil sie sonst schon nach kürzerer Zeit ungangbar werden würden, da das Hangende hereinbricht und auch die Stöße und die Sohle hereingedrückt werden. Lediglich die Erfahrung belehrt den Bergmann, wie stark der Grubenausbau zu wählen ist. Durch bedeutenden Gebirgsdruck wird häufig, wenn große Gebirgsmassen in Bewegung kommen, auch kräftiger Ausbau zerstört.

Da der Grubenausbau bedeutende Kosten veranlaßt und viele Arbeitskräfte in Anspruch nimmt, so sucht man zunächst durch geeignete Querschnittsformen die Standfestigkeit der Baue zu erhöhen oder doch den Gebirgsdruck abzuschwächen. In festen Gesteinen gibt man den Strecken elliptische Querschnitte, während man im geschichteten Gebirge dahin strebt, feste Schichten als Dach und Sohle zu erhalten, wodurch sich rechteckige Querschnitte ergeben. Ein ferneres Mittel, den Gebirgszusammenhang zu erhalten, und zu vermeiden, daß sich Gebirgsdruck zeigt, ist das Stehenlassen von Teilen der Lagerstätte als sogenannte Pfeiler, z. B. beim Abbau von Steinsalz oder Kalkstein durch Weitungsbau. Auch die Wiederausfüllung der abgebauten Räume durch taubes Gestein (**Bergeversatz**) trägt wesentlich dazu bei, das Hangende zu unterstützen, während gleichzeitig die Kosten für die Förderung dieser Massen in Wegfall kommen oder doch verringert werden. Häufig befördert man auch Gebirgsmassen in die Grube nur zu dem Zwecke, um die abgebauten Räume zu versetzen, oder man gewinnt in besonderen Räumen, den **Bergemühlen**, die im festen Gestein angelegt werden, Berge zum Versatz. So werden beim Kalisalzbergbau die in den Kalisalzen hergestellten Abbaue durch Steinsalz wieder ausgefüllt.



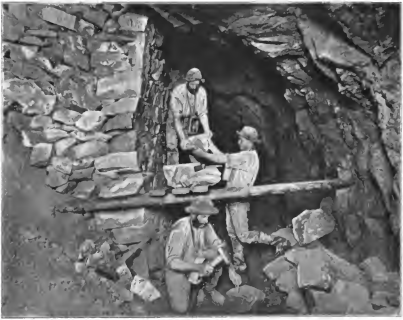
134. Firstenverzug aus eisernen Schienen.

Das Material für den Grubenausbau ist entweder Holz (Grubenzimmerung) oder Stein (Grubenmauerung), endlich auch Eisen, in neuester Zeit sogar Stahl. Außerdem unterscheidet man den wasserdichten Ausbau, der nicht nur dem Gebirgsdruck widerstehen, sondern auch das Wasser abhalten soll. Die älteste Art des Grubenausbaues ist die Zimmerung; die Grubenmauerung, welche in holzarmen Gegenden wohl schon früher angewendet wurde, hat sich im vorigen Jahrhundert allgemein eingeführt, während der Eisenausbau erst durch die Verbilligung des Preises für Walzeisen in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts möglich wurde.

Der Zeitbedarf bei der Herstellung und der Raumbedarf sind beim Ausbau in Holz und Eisen erheblich kleiner als bei der Mauerung; die Haltbarkeit des Holzes wird durch die Fäulnis beeinträchtigt, Eisen wird durch saure Grubenwasser, die gar nicht so selten vorkommen, zerfressen, während Mauerung dem Zahn der Zeit am längsten, fast unbegrenzt trotzt. Aber auch diese vermag, wie jeder Ausbau, übergroßem Gebirgsdrucke nicht standzuhalten, sie bekommt Risse und zerfällt nach und nach. Ferner spielt die Schwierigkeit bei der Wiederherstellung stark zusammengedrückten Ausbaues eine Rolle, in dieser Beziehung läßt sich Zimmerung am schnellsten ausbessern, erheblich schwieriger ist die Wiederherstellung von Eisenausbau und Mauerung. Was die Form der Baue betrifft, so ist Holz geeigneter für eckige Querschnitte, Eisen und Mauerung mehr für gerundete.

Endlich muß die Wahl des Ausbaues im richtigen Verhältnis zur Benutzungsdauer des betreffenden Grubenraumes stehen. Daher wird in Abbauen und minder wichtigen Strecken, die für kurze Zeit in Betrieb bleiben, ebenso für kleinere Schächte immer Holz zum Ausbau verwendet, es genügt für diese Fälle; Hauptstrecken, unterirdische Maschinenräume und tiefe Schächte, die oft für Jahrzehnte erhalten bleiben, werden ausgemauert oder in Eisen ausgebaut. Selbstverständlich spielt auch der Preis bei der Entschließung über die Art des anzuwendenden Grubenausbaues eine wichtige Rolle.

In den Abbauen handelt es sich gewöhnlich nur darum, das Hangende kurze Zeit hindurch zu unterstützen, es werden allgemein Hölzer von entsprechender Länge, Stempel oder Bolzen genannt, in bestimmten Abständen senkrecht zwischen die Flächen des Liegenden

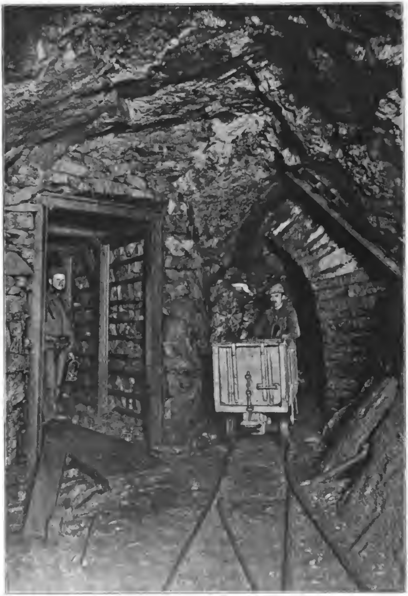


135. Herstellen von trockener Bruchsteinmauerung.
Nach Börner, „Der Erzbergmann in seinem Beruf". Verlag von Craz u. Gerlach, Freiberg.

und Hangenden eingetrieben. Will man die von jedem Holze unterstützte Fläche vergrößern, so legt man gegen das Hangende noch kurze Holzstücke (Anpfähle), oder man setzt mehrere Stempel unter ein längeres am Dache liegendes Holz, einen Unterzug.

Beim Ausbau von Strecken kommt es zuweilen nur in Frage, z. B. beim Bergbau auf Erzgängen im festen Gestein, die Firste oder einen der Stöße zu verwahren. Die Firste wird durch Stempel oder Eisenbahnschienen S (Abb. 134) gesichert, die senkrecht zwischen das Hangende H und das Liegende L in ausgemeißelte Vertiefungen a (Bühnloch) und gegen abgeschrägte Gesteinsflächen b (Anfall) gelegt werden, darauf kommen Bretter oder schwächere Schienen zu liegen, die man Verzug nennt. Zur Unterlage für den Bergeversatz B dienen flache Gesteinsschalen. Abb. 135 stellt den Ausbau eines Streckenstoßes auf einem flachfallenden Gange durch eine trockene Bruchsteinmauerung dar, der Mann im Vordergrunde richtet mittels Schlegels und Eisens die Steine zu.

Auf der rechten Seite der Abb. 136 ist die Firste und ein Stoß einer Strecke durch einen gemauerten Bogen ausgebaut, den man auch Stützmauer nennt, auf demselben



136. Streckenausbau in Eisen und Mauerung.
Nach Börner, „Der Erzbergmann in seinem Beruf“. Verlag von Craz u. Gerlach, Freiberg.

Platte links ist eine seltenere Art des Ausbaues verwendet, aus je drei Schienen sind sogenannte **Thürstöcke** gebildet, eine Schiene an der Firste (die **Kappe**) ist durch zwei andere (Stempel) gestützt, die Verbindung ist durch Winkellaschen erfolgt, darüber und dahinter liegen Grubenschienen als Verzug. Abb. 137 zeigt den Ausbau eines Fallortes in hölzernen Thürstöcken, den für den Kohlenbergbau charakteristischen Streckenausbau. Bei starkem Druck in der Firste werden wohl auch Bogen aus eisernen Schienen angewendet, in unserer Abb. 138 ist Verzug mit hölzernen Stangen gewählt, der an mehreren Stellen traubenähnliche Pilzwucherungen zeigt, die oft die ganze Oberfläche des Holzes überziehen. Die Pilze bestehen aus weichem Flaum und vergehen bei der leisesten Berührung. Bei noch bedeutenderem Gebirgsdruck wählt man geschlossene eiserne Streckenbogen (Abb. 139), die aus zwei Hälften bestehen und durch Laschen verbunden sind, dichter Verzug aus starken Stangen verstärkt den Bau, die Zwischenräume bis an das Gestein sind auf allen Seiten dicht ausgefüllt. In lockerem Gebirge kommt auch elliptische Streckenmauerung (Abb. 140) vor. Beim Auffahren der Strecke wird dieselbe mit so großen Thürstöcken ausgebaut, daß die Mauerung später innerhalb derselben Platz hat. Diese wird nach Lehrbogen in Ziegeln ausgeführt und später ebenfalls der Raum dahinter dicht versetzt, nachdem die Zimmerung herausgenommen ist. Die unteren wagerechten Absätze an der elliptischen Mauerung sollen als Lager für Hölzer dienen, um Schienen und Laufpfosten darauf zu nageln, der darunter befindliche Raum nimmt das fließende Wasser auf und heißt **Wasserseige**.



137. Thürstockzimmerung in einem Fallorte.
Nach Börner, „Der Kohlenbergmann in seinem Beruf."

Der Ausbau der Schächte lehnt sich in seinen Einzelheiten, sofern er in Holz oder Eisen ausgeführt wird, an den der Strecken an. Im rechteckigen Schachte (Abb. 141 und 142) sind Geviere oder Jöcher J vorhanden, dieselben werden auf eingebühnte **Tragstempel** T gelegt; will man nicht für jedes Joch solche Tragstempel legen, so werden zur Unterstützung der einzelnen Jöcher und besseren Verbindung der ganzen Zimmerung in den Ecken Bolzen B aufgestellt und auf diese das nächste Joch verlegt. Der Verzug V besteht aus Brettern, die dicht zusammenschließen, und wird durch Keile in seiner Lage erhalten. In druckhaftem Gebirge werden, um das Verschieben

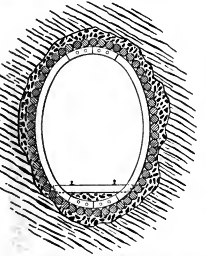


138. Förderstrecke in Eisenausbau.
Originalaufnahme von Börner.

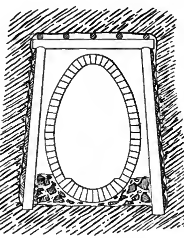
der Jöcher in wagerechtem Sinne zu verhüten, senkrechte Hölzer, Wandruten W, eingebaut und durch Einstriche E, die zugleich die Schachttrümer trennen, an die Jöcher gedrückt und in ihrer Lage erhalten. Diese Art des Schachtausbaues heißt Bolzenschrotzimmerung. Befürchtet man sehr starken Gebirgsdruck, der vielleicht den Verzug zwischen den Jöchern durchdrücken könnte, so wird Joch auf Joch gelegt, so daß der Verzug ganz in Wegfall kommt. Diese außerordentlich starke Zimmerung nennt man ganze Schrotzimmerung.

In runden Schächten wird in derselben Weise verfahren, nur treten an die Stelle der Schachtjöcher hölzerne oder eiserne Ringe; die letzteren werden meistens aus ⊔-Eisen gefertigt. Neuerdings hat man Schächte vollständig in Eisen ausgebaut, einschließlich der Einstriche und der Einrichtungen für die Fahrung.

Soll ein Schacht ausgemauert werden, so baut man ihn gewöhnlich zunächst während des Abteufens vorläufig in Holz oder Eisen aus, bis man auf eine feste, tragfähige Gesteinsschicht kommt; auf dieser wird für den Mauerfuß F (Abb. 143) eine ebene Fläche



139. Streckenausbau in geschlossenen eisernen Bogen.

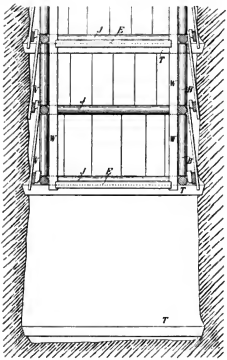


140. Elliptische Streckenmauerung.

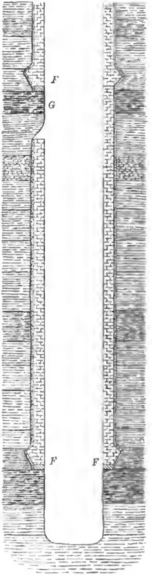
hergestellt und nun unter Zurückbau (Herausnehmen) des vorläufigen Ausbaues die Mauerung aufgeführt. Wenn man den Schacht in mehreren solchen Absätzen abteuft und dann ausmauert, wird der Anschluß der einzelnen Mauerabsätze in der Weise erreicht, daß man die beim Weiterteufen belassene Gesteinsmasse G unter dem Mauerfuße stückweise herausnimmt und die Mauer nachführt.

Die bisher beschriebenen Verfahren für den Ausbau von Grubenräumen setzen voraus, daß das Gebirge wenigstens so fest ist, daß zunächst der Raum hergestellt und in denselben dann der Ausbau hineingebaut werden kann. In losem Gebirge, Sand, Gerölle u. dergl. ist das jedoch nicht thunlich, denn wenn man das Gebirge ausschachten wollte, würde man immer Gefahr laufen, daß Massen nachstürzen, ehe der Ausbau fertig gestellt ist.

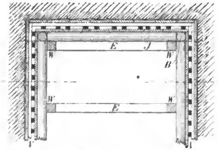
In diesen Fällen muß man anders verfahren und die Getriebezimmerung anwenden; nach der Ausführung sieht dieselbe, falls es sich um einen Schacht handelt, ebenso aus, wie die in Abb. 141 u. 142 dargestellte Bolzenschrotzimmerung, die Ausführung ist jedoch eine andere und zwar die folgende: Zuerst werden die den Verzug bildenden Pfähle in den Boden getrieben, dieselben stützen sich rückwärts gegen die bereits vorhandene Zimmerung, dann wird innerhalb der Pfähle ausgeschachtet und so schrittweise weiter verfahren,



141. Bolzenschrotzimmerung, senkrechter Schnitt.



143. Absatzweise Ausmauerung.



142. Bolzenschrotzimmerung, wagerechter Schnitt.

bis so viel Platz geschaffen ist, daß die Pfahlspitzen durch Einbringen eines neuen Joches festgelegt werden. Auf diese Weise dringt man zwar sehr langsam, aber sicher vor.

Man kann auch Grubenräume wasserdicht ausbauen; die hierbei angewendeten Verfahren sind im Abschnitte Wasserhaltung beschrieben worden.

Die Förderung.

Unter Förderung versteht der Bergmann den Transport in der Grube und die dazu dienenden Einrichtungen. Die gewonnenen Mineralien werden aus den Abbauen auf die Hauptförderstrecken geschafft und dort in größeren Mengen vereinigt, um auf angenähert wagerechter Bahn bis zum Schachte befördert zu werden, in dem sie dann senkrecht aufwärts bis zur Oberfläche gelangen. Den umgekehrten Weg müssen diejenigen Materialien zurücklegen, die für den geordneten Betrieb in der Grube benötigt werden, z. B. Holz, Ziegelsteine, Schienen u. s. w. Die Einrichtungen der Förderung über Tage schließen sich an diejenigen der Grubenförderung an, doch werden bei sehr großen Mengen an Fördergut auch Lokomotivbahnen und Hochseilbahnen zu Hilfe genommen.

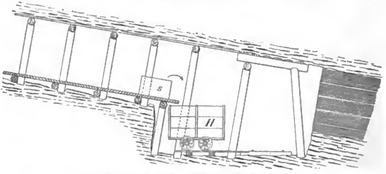
Von der Lage der Abbaue zu den Hauptförderstrecken hängt es ab, welche besonderen Vorkehrungen für den ersten Teil des Förderweges zu treffen sind; gewöhnlich liegen die



144. Zweitrümiger Lufthaspel. Originalaufnahme von Börner.

Abbaue über den Hauptstrecken, es handelt sich hier also um Abwärtsförderung. Bei steil einfallenden oder stockförmigen Lagerstätten, z. B. beim Gangbergbau, läßt man die Massen durch Schächtchen (Rollen genannt), die im Bergeversatze ausgespart werden, oder auf Rutschen bis auf die Hauptstrecken abwärts rollen und verladet sie dort in die Wagen für die Streckenförderung (Hunde genannt). Liegen Lagerstätten von mittlerer Mächtigkeit flach, wie z. B. meistens die Kohlenflöze, so können die Streckenhunde direkt bis an die Abbauörter gelangen und dort beladen werden. Die Beförderung der Hunde bis auf die Hauptstrecken geschieht bei mehr als 3° Bahnneigung abwärts durch bremsende, aufwärts, falls das nötig wird, durch haspelnde Förderung. Die Hunde werden hierbei an einem Seile befestigt, welches auf eine Trommel aufgewickelt ist; soll abwärts gefördert werden, so ist, um die Geschwindigkeit zu mäßigen, mit der Welle der Trommel eine Bremsvorrichtung verbunden, soll aufwärts gefördert werden, so greift an der Welle Maschinenkraft an und zwar meistens Preßluft. Für Menschen ist das Haspeln außerordentlich ermüdend. Derart eingerichtete geneigte Strecken heißen Brems- beziehungs-

weise **Haspelberge**. Bei größeren Fördermengen ist es zweckmäßig, zweitrümig zu fördern, d. h. es sind zwei Gleise und zwei Seile vorhanden, die in entgegengesetztem Sinne jedes auf eine Trommel der gemeinschaftlichen Welle gewickelt sind; beim zwei-



145. Umladen aus dem Schleppkasten (s) in den Hund (H).

trümigen Bremsberge läuft jedesmal der beladene Hund abwärts und zieht den am anderen Seile befestigten leeren Hund herauf. Das Umgekehrte findet auf den Haspelbergen statt; Abb. 144 gibt einen durch Preßluft betriebenen zweitrümigen Haspel vortrefflich wieder, der volle Hund langt gerade am oberen Ende (am Kopfe) des Haspelberges an.



146. Fördermann mit ungarischem Hund.
Statuette von E. Heuchler.

Bei flach liegenden Lagerstätten von sehr geringer Mächtigkeit fehlt in den Abbaustrecken häufig die für die Streckenhunde nötige Höhe, man benutzt dann entweder kleinere Hunde oder wohl auch Schleppkästen — stark gebaute, eisenbeschlagene Holzkästen, welche an kurzer Kette auf hölzernen Pfosten gezogen werden — und ladet dann auf der Hauptstrecke von hochgelegenen Bühnen aus in die Hunde um (Abb. 145). Für enge und vielfach gekrümmte Strecken, allerdings nur für kleine Leistung, ist auch der **ungarische Hund** (Abb. 146) ganz geeignet. Von den zwei ungleichen Räderpaaren ohne Spurkränze wird beim Fahren nur das größere benutzt, indem der Hund hinten niedergedrückt wird, dadurch ergibt sich eine leichte Lenkbarkeit, die Bahn besteht nur aus Pfosten.

Bei sehr einfachen Verhältnissen, unregelmäßiger Bauweise und sehr wertvollen Erzen kommt wohl auch heute noch die tragende Förderung in Ledersäcken auf dem Rücken der Arbeiter vor, so z. B. auf den entlegenen Gruben der hohen Kordillere Südamerikas und Mexikos.

Auf den **Hauptstrecken** wird überall dort, wo es sich um große Leistungsfähigkeit handelt, mit Wagen oder deutschen Hunden gefördert, wie dieselben auf den folgenden Blättern mehrfach abgebildet sind. Der Hundekasten ruht auf zwei Paar gleichgroßen Rädern, welche mit Spurkränzen versehen sind und auf Gleisen aus Kopfschienen von

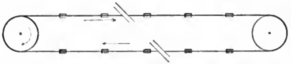


147. Pferdestall unter Tage. Originalaufnahme von Börner.



148. Kettenförderung auf dem Herzoglich Anhaltischen Salzwerke Leopoldshall.

etwa 7 cm Höhe laufen. Der Inhalt eines Hundes wird etwa zu 5 Doppelzentner bemessen, danach ergibt sich bei Kohlen ein Fassungsraum von etwa 7 hl, bei Erzen von 4—5 hl. Ein Mann schiebt (der Bergmann sagt stößt) auf guter Bahn höchstens zwei Hunde; bei großen Fördermengen und langen Förderwegen wird Menschenkraft zu teuer.



149. Prinzip der Förderung mit Seil oder Kette ohne Ende.

Man fördert dann Züge von etwa 10 Hunden mittels Pferden. Diese gewöhnen sich außerordentlich schnell an den Verkehr in der Grube, sie halten den Kopf tief, wo es niedrig ist, sie wissen genau, wo sie angeschirrt und abgeschirrt werden, und ziehen



150. Pferdegöpel des Danielschachtes bei Schneeberg im Erzgebirge. Nach einer Skizze von Olaf Winkler.

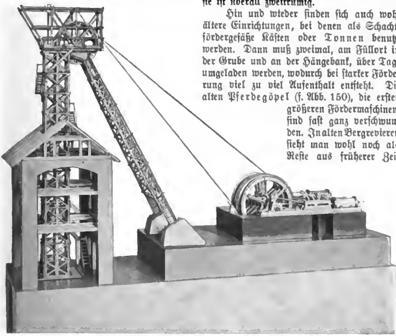
ebensogut wie über Tage. Auf vielen Werken haben die Pferde in der Grube ihre gut eingerichteten Stallungen (Abb. 147) und bleiben so lange unter Tage, als sie arbeitsfähig sind; auf anderen Gruben fahren sie täglich mit dem Fördergestell ein und aus. Seit etwa 15 Jahren ist auch Lokomotivförderung in den Gruben eingeführt worden, und zwar sind es entweder elektrische Lokomotiven mit Stromzuführung oder solche mit Reservoir für hochgepreßte Luft, das an besonderen Stationen aus Rohrleitungen gefüllt wird. Sie fördern Züge von der gleichen Wagenzahl wie die Pferde, jedoch ist die Fördergeschwindigkeit größer, bis zu 3 m, während sie beim Pferde etwa 1 m in der Sekunde beträgt.

Die größten Leistungen kann man auf geraden Strecken bei geringen Kosten mit der Ketten- oder Seilförderung erzielen. In neuerer Zeit ist es gewöhnlich ein Seil ohne Ende (Abb. 149), welches über zwei Scheiben gelegt ist, von denen die eine durch eine stationäre Maschine angetrieben wird. Die Hunde werden einzeln mittels Seilgabeln angeschlagen, die vollen bewegen sich auf dem einen Trume zum Schachte, die leeren auf dem anderen zurück, zweckmäßig wählt man den Abstand der

Hunde so, daß das Seil freischwebend getragen wird. Hierbei wird dasselbe am meisten geschont, und die Widerstände sind am geringsten, nur für besondere Fälle sind Rollen zur Führung des Seiles an der Streckensohle eingebaut. Abb. 148 zeigt eine Kettenförderung im Kalisalzwerke Leopoldshall, die allerdings zur Zeit durch eine Seilbahn ersetzt worden ist.

Die Förderung in den Hauptschächten findet zur Zeit gewöhnlich mittels Dampfkraft und derart statt, daß die Hunde auf Schachtfördergestellen zu Tage gehoben werden, sie ist überall zweitrümig.

Hin und wieder finden sich auch wohl ältere Einrichtungen, bei denen als Schachtfördergefäße Kästen oder Tonnen benutzt werden. Dann muß zweimal, am Füllort in der Grube und an der Hängebank, über Tage umgeladen werden, wodurch bei starker Förderung viel zu viel Aufenthalt entsteht. Die alten Pferdegöpel (s. Abb. 150), die ersten größeren Fördermaschinen, sind fast ganz verschwunden. In alten Bergrevieren sieht man wohl noch als Reste aus früherer Zeit



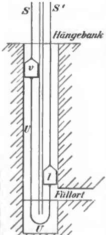
151. Eiserner Seilscheibenstuhl und Fördermaschine.
Nach einem Modell, gefertigt in der Modellwerkstatt der Königl. Sächs. Bergakademie zu Freiberg.

derartige Göpelgebäude wie gewaltige Zipfelmützen weit über das Land. Auch die Verwendung der Wasserkraft zur Förderung nimmt immer mehr ab, die Förderung ist heute so wichtig, daß man sie nicht vom etwaigen Wassermangel abhängig machen kann. Die Dampfmaschine herrscht hier fast unbeschränkt, auch haben die neuen Förderanlagen überall angenähert dieselbe Form: über dem Schachte ein hoher Seilscheibenbock in Eisenbau, nach der Fördermaschine hin in der Richtung der Hauptkraft eine mächtige Strebe (Abb. 151), so zeigen sich die Hauptförderschächte Mitteleuropas. Die Anordnung der Fördermaschine ist grundsätzlich so wie bei dem weiter oben beschriebenen Haspel, wenigstens insoweit, als zwei Seilkörbe vorhanden sind, auf denen die Seile im entgegengesetzten Sinne aufgelegt sind, die mächtigen Dampfcylinder liegen wagerecht und greifen mit der Schubstange unmittelbar an der Seilkorbwelle an, zwischen ihnen sind die Steuerungsteile angeordnet, zahlreiche Hilfs- und Sicherheitseinrichtungen sind angebaut (vergl. auch Abb. 154). Die Fördergeschwindigkeiten sind immer mehr gestiegen, 15 bis 18 m in der Sekunde sind keine Seltenheit mehr, so kann es denn nicht wunder nehmen, daß die gewaltigen Förderkörbe (Abb. 152) immer wieder nach kurzer

Frist beladen mit vollen Hunden an der Hängebank erscheinen. Kaum steht der Korb, so öffnen sich die Verschlüsse, die vollen Hunde werden abgezogen, leere von der anderen Seite aufgeschoben, schon kommt auch das Signal „fertig" aus der Grube, der Korb mit den leeren Hunden verschwindet im Schacht, im benachbarten Trum taucht bald der andere beladene auf.



152. Schachtfördergestell für vier Hunde.



153. Prinzip der Förderung mit Unterseil.

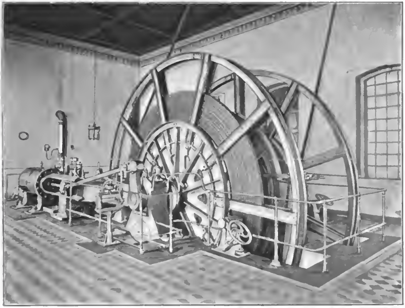
Starke Drahtseile dienen heute zur Förderung, ihr Gewicht ist bei tiefen Schächten sehr bedeutend und da dasselbe in jedem Trume während eines Aufzuges entsprechend der im Schachte hängenden Seillänge von der Höchstbelastung bis zu einem sehr geringen Betrage schwankt, so ist die Beanspruchung der Fördermaschine eine ungleiche. Unter den Mitteln, welche hier Abhilfe schaffen sollen, sind namentlich zwei zu nennen: Man befestigt unten an den beiden Fördergestellen ein Hilfsseil, Unterseil genannt, und läßt es mit einem Bogen unter dem Füllorte im Schachte niederhängen. In der Skizze Abb. 153 bezeichnet S das Seil des vollen Gestelles, S¹ das Seil des leeren, U ist das Unterseil; ist dieses auf den laufenden Meter eben so schwer wie die Förderseile, so wirkt in jedem Trume, die Stellung der Gestelle mag sein, wie sie wolle, auf die Fördermaschine das gleichbleibende ganze Seilgewicht.

Ein anderer Ausweg ist der folgende: Statt der Rundseile, deren einzelne Schläge sich auf der Seiltrommel nebeneinander legen, wählt man als Förderseile Bandseile (Abb. 154), bei denen sich die Schläge aufeinander wickeln, dadurch ergibt sich, daß an der Fördermaschine das abgewickelte Seil, also die große Last, am kleinen Halbmesser angreift, während das aufgewickelte Seil, also die kleine Last, am großen Halbmesser wirkt. Die eigentümlichen schmalen Seilkörbe heißen Bobinen. Auch hierdurch ergibt sich, wenn auch nicht so vollkommen wie bei Anwendung des Unterseiles, der gewünschte Ausgleich in der Beanspruchung der Fördermaschine.

Die Fahrung.

Unter **Fahren** versteht man die Fortbewegung der Menschen in den Grubenräumen, sei es, daß dies durch die eigene Muskelkraft oder mit Hilfe maschineller Einrichtungen geschieht.

In den Abbauen und Strecken sind die Vorkehrungen hierfür unwesentlich; dort, wo der Weg steil hinanführt, sind wohl besondere Treppen gebaut. Als Eigentümlichkeit des Salzbergbaues in den Alpen mögen die **Rutschen** für das Abwärtsfahren erwähnt werden (Abb. 155), glatte Bäume, auf die man sich rittlings setzt, um hinabzugleiten; mit einem Lederhandschuhe ergreift man ein seitlich angebrachtes Seil und mäßigt hierdurch die Geschwindigkeit. Zum Hinauffahren sind neben den Rutschen Treppen eingebaut.



154. *Fördermaschine mit Bobinen und Bandseilen.*

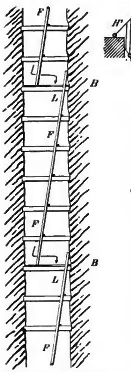
In den Schächten müssen für die Fahrung der Mannschaft besondere Einrichtungen getroffen werden: Die steilstehenden starken Leitern F, welche im Schachte (Abb. 156) den Verkehr vermitteln und absatzweise von der Hängebank bis zur tiefsten Sohle führen, nennt der Bergmann **Fahrten**. Sie stehen auf Bühnen B, welche in den Schacht eingebaut sind, und haben etwa 75° Neigung, der Fahrende tritt auf der Bühne um die Fahrt herum und betritt durch eine belassene Öffnung L, das Fahrloch, die nächste Fahrt. In allen Schächten sind Fahrten eingebaut, sie werden jedoch in tiefen Gruben nicht mehr regelmäßig benutzt. An ihre Stelle sind vielmehr die **Fahrkünste** getreten, oder die Mannschaft fährt auf dem Fördergestell — am **Seile** wie der Fachausdruck heißt.

Die Fahrkünste wurden im Jahre 1833 am Harz erfunden, ihre Anwendung beschränkt sich heute fast nur auf die Gangbergbaue, bei denen gewöhnlich viele Abbausohlen vorhanden sind; für den Verkehr zwischen denselben sind die Fahrkünste recht zweckmäßig. Sie bestehen aus zwei abwechselnd auf- und niedergehenden Gestängen, an denen feste Tritte zum Darauftreten — in den Abb. 157 u. 158 mit Nummern bezeichnet — und Handgriffe r zum Anhalten im doppelten Abstande der Hubhöhe h befestigt sind. Der

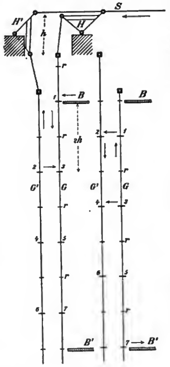


155. Einfahrt auf einer Rutsche.

Antrieb der aus Walzeisen gefertigten Gestänge G und G^1 erfolgt von einer umlaufenden Maschine aus durch die Schubstange S und die Winkelhebel (Kunstkreuze) H und H^1. Ein Mann, welcher anfahren will, tritt (Abb. 157) von der Schachtbühne B auf den Tritt 1 am Gestänge G, dieses sinkt, während das andere steigt. Nach einer halben Umdrehung der Maschine (Abb. 158) stehen sich die Tritte 1 und 2 gegenüber, der Mann tritt während der Hubpause auf den Tritt 2 über und legt auf diesem während der zweiien halben Umdrehung der Maschine wieder den Weg h zurück, er tritt dann von 2 nach 3 (Abb. 157) über u. s. w., schließlich tritt er auf die Schachtbühne B^1 ab. Ein Mann, der **ausfahren** will, tritt immer auf den Tritt am aufgehenden Gestänge. Die Fahrkünste machen etwa 5 Spiele in der Minute; wenn die Hubhöhe 2 m beträgt, so legi ein Mann in einer Minute 20 m Weg zurück. Die Gestänge sind senkrecht geführt, Signalzüge vermitteln die Verständigung mit dem Maschinenwärter. Gewöhnlich ist neben der Fahrkunst eine Fahrt eingebaut, so daß die Fahrenden beim Stillstand der Maschine die Fahrkunst verlassen können.



156. Stellung der Fahrten im Schacht.



157 u. 158. Fahrkunst.

Die Mannschaftsfahrung auf dem Fördergestell ist zur Zeit auf den allermeisten Gruben im Gebrauch, sie ist bei tiefen Schächten die bequemste Art der Fahrung (Abb. 159). Die wichtigste Sicherheitsvorkehrung für die Fahrenden ist die **Fangvorrichtung am Gestell**. Triii durch Seilbruch oder sonstige Zufälligkeiten eine Trennung des Gestelles vom Seile ein, so soll eine gui gebaute Fangvorrichtung das Gestell so allmählich an den Leitungen fangen, daß Schädigungen der Fahrenden ausgeschlossen sind. Hängi das Gestell am Seil, so wird durch das Gewichi des ersteren eine Feder gespannt und diese ziehi die Fänger von der Leitung zurück. Wenn jedoch eine Trennung des Gestelles vom Seile stattfindet, dehni sich die Feder aus und drückt die Fänger in die Leitungen. Eine der besten, allmählich, d. h. bremsend, wirkenden Fangvorrichtungen ist diejenige von Münzner.

Die Fänger bestehen aus mehreren parallelen starken Messern, die in den Leitbäumen Furchen schneiden und durch die erzeugte Reibung das Fördergestell stoßfrei zur Ruhe bringen.

Alle Fangvorrichtungen, die das Gestell plötzlich aufhalten, sind zu verwerfen, da sie bei etwaigem Seilbruch Verletzungen der Mannschaft veranlassen. Davon, daß eine Fangvorrichtung zweckentsprechend arbeitet, überzeugt man sich durch Versuche, die mit den betreffenden Gestellen an besonderen Versuchsgerüsten vorgenommen werden.

Die Wasserhaltung.

Die Wasserverhältnisse sind für den Bergbaubetrieb in mehr als einer Beziehung von außerordentlicher Wichtigkeit. Das in die Grube eindringende Wasser muß selbstverständlich entfernt werden, vielen Bergbauen erwachsen hierdurch ganz erhebliche



159. Anfahrt im Förderkorbe.
Nach Börner und Georgi, „Der Kohlenbergmann in seinem Beruf". Verlag Craz u. Gerlach, Freiberg.

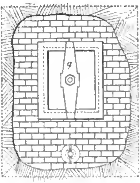
Schwierigkeiten. Anderseits ist aber auch heute noch die Versorgung mit Kraft- und mit Waschwasser (für die Aufbereitung) eine sehr wichtige Frage namentlich für den Erzbergbau, während beim Kohlenbergbau der über Brennmaterial in Hülle und Fülle verfügt, die Wasserkraft für den Betrieb kaum mehr in Frage kommt. Überhaupt war bis zur Einführung der Dampfkraft außer der tierischen Kraft die Wasserkraft das einzige Mittel, um größere Maschinen zu betreiben. Wir finden daher in den alten Revieren des Erzbergbaues, im Erzgebirge, im Harz großartige Anlagen für die Wasserversorgung des Bergbaues, und auch heute noch benutzt der Erzbergbau gern die vorhandenen Wasserkräfte, um die zur Erzeugung von Dampfkraft notwendige Beschaffung von Kohlen möglichst zu ersparen. Erhöhte Bedeutung gewinnen aushaltende Wasserkräfte zur Zeit für die Erzeugung von elektrischer Kraft, da diese am einfachsten und mit verhältnismäßig geringen Verlusten auf weite Entfernungen übertragen werden kann.

Leider kommt außerdem der Bergbau von Zeit zu Zeit mit den Besitzern der Oberfläche wegen der Zäpfung von Brunnen und Quellen in Streit, dem Bergbau fallen

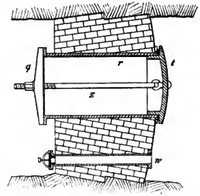
dann nicht nur die Kosten der Wasserhebung aus seinen Bauen zur Last, sondern er muß auch für die sogenannten **Wasserschäden** aufkommen. So fließen Quellen, welche auf Erzgängen entspringen, leicht dem Bergbau in größerer Tiefe zu, auch senkt sich, falls nicht wassertragende Schichten vorhanden sind, der Grundwasserspiegel wegen der drainierenden Wirkung, welche bergmännische Baue auf die nächste Umgebung ausüben, das Versiegen der Brunnen ist manchmal die Folge.

Schon früher ist erwähnt worden, daß die **Stollen** hauptsächlich den Zweck haben, die den Grubenbauen oberhalb der Stollensohle zugehenden Wasser abzuleiten, und daß sie die Wasserhebung aus den tieferen Sohlen erleichtern, da diese Wasser statt bis zur Oberfläche nur bis zur Stollensohle zu heben sind (vgl. S. 84).

Als ein sehr wichtiges Mittel, das Eindringen des Wassers in die Grubenbaue zu verhüten, ist der **wasserdichte Ausbau** zu erwähnen, der einmal in Form von Dämmen angewendet wird, um das durch Streckenbetriebe zufließende Wasser abzuhalten, und dann in den Schächten zur Anwendung gelangt, um beim Flözbergbau das Wasser hangender Schichten fern zu halten. Bei der Herstellung des wasserdichten Ausbaues sind zwei Regeln zu



160. Ansicht.



161. Schnitt.

160 u. 161. Gemauerter Damm mit Dammthür.

beachten, einmal müssen die einzelnen Teile wasserdicht zusammenschließen, dann muß aber auch der Ausbau an seinen Enden wasserdicht an wasserundurchlässiges Gebirge anschließen.

Wasserdicht kann Grubenausbau ausgeführt werden in Holz: die einzelnen Teile werden genau zusammengearbeitet, die Hölzer thunlichst trocken eingebracht und dann die Fugen durch Verkeilen (Eintreiben von Holzkeilen, auch **Pikotieren** genannt) gedichtet. Hierbei werden zunächst weiche, dann harte Flachkeile und zuletzt harte Spitzkeile angewendet, während mit entsprechend geformten Eisen Platz für die Keile geschafft wird. Eiserner Ausbau wird aus cylindrischen Ringen mit abgedrehten Flantschen hergestellt, die einzelnen Teile werden durch starke Schraubenbolzen miteinander verbunden und die Fugen entweder durch Verkeilen oder durch Verstemmen von Bleieinlagen gedichtet. Der Anschluß an das feste Gestein wird durch besondere Ringe (Keilkränze oder Tragekränze) bewirkt, die ebenfalls verkeilt werden. Endlich kann man auch Mauerung dadurch wasserdicht machen, daß man sie in besten Ziegeln und in mit Kalk angemachtem Zementmörtel ausführt und wie bei der Herstellung jedes wasserdichten Ausbaues das Wasser zunächst ableitet. Ist dann die Mauer erhärtet, und wird das Wasser angestaut, so pflegt zwar zunächst etwas Wasser durchzudrücken, nach und nach aber versintert die Mauer, indem der Kalk die Poren verschließt.

Als Beispiel für einen wasserdichten Damm sei hier ein gemauerter Damm mit Durchgangsöffnung beschrieben (Abb. 160 u. 161), wie er häufig zur Sicherung unter-

irdischer Maschinenräume Anwendung gefunden hat. Im festen Gestein werden an der Firste, der Sohle und den Stößen der Strecke Widerlagsflächen gehauen, die eine abgestumpfte Pyramide bilden, sodann wird die Mauerung sorgfältig ausgeführt und in deren unteren Teil ein Wasserrohr w, in halbe Höhe die schmiedeeiserne Dammthür t mit gußeisernem Rahmen r eingebaut und sodann der Damm bis an die Firste hochgeführt. Fürchtet man das Zuströmen größerer Wassermengen, so werden das Wasserrohr und die Dammthür, das erstere durch Hahn oder Deckel, die letztere mittels Querstück q und Zugstange z geschlossen. Bei guter Ausführung wird das Wasser vollständig zurückgehalten. Derartige Dämme können für beliebig große Druckhöhen angewendet werden, in Förderstrecken können entsprechend große Thüren eingebaut werden. Findet der Wasserzugang nur zeitweise statt, so kann durch das Wasserrohr eine beliebige Menge nach und nach den Wasserhebungsmaschinen zugeführt und der Damm nach Entleerung der Grubenbaue wieder geöffnet werden.

Der wasserdichte Ausbau kommt namentlich in Schächten zur Anwendung. Der Vorgang ist verhältnismäßig einfach, wenn die zufließenden Wassermengen so gering sind, daß sie durch Pumpen gehoben werden können, die Arbeitsstelle also zugänglich bleibt.

Schwieriger ist es, einen Schacht wasserdicht auszubauen, wenn der Wasserzugang so groß ist, daß das Auspumpen unmöglich wird und der Schacht voll Wasser steht, oder wenn Schwimmsand (wasserreicher feiner Sand) zu durchteufen ist. Derartige Fälle treten gar nicht so selten ein, z. B. trifft man im nördlichen Teile des Ruhrsteinkohlenbeckens nicht selten wasserreiches Gebirge an, während beim Braunkohlenbergbau häufig wasserreiche Sande über dem Flöze liegen. Aber auch für diese Fälle gibt es Mittel, um zum Ziele zu gelangen.



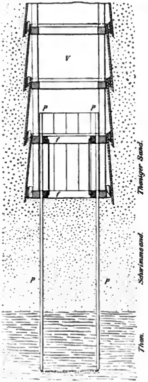
162. Haases eiserne Rohre zum Senkrechtanstecken.

In festem Gebirge mit starker Wasserführung wird das Schachtbohren angewendet, das zuerst durch den bekannten deutschen Bohrmeister Kind und den belgischen Ingenieur Chaudron etwa um 1855 ausgebildet wurde. Durch stoßendes Bohren, wie es im ersten Teile dieses Abschnittes besprochen worden ist, jedoch mit mächtigen Bohrern, wird zunächst der ganze Schachtquerschnitt herausgebohrt, bis man in wasserundurchlässige Gesteinsschichten eingedrungen ist, in denen später ein wasserdichter Anschluß des Ausbaues möglich ist. Von den Verhältnissen der ganzen Anlage erhält man einen Begriff, wenn man bedenkt, daß ein Schachtbohrer von 4,3 m Durchmesser zwischen 14000 und 20000 kg wiegt. Von Vorteil ist es, wenn vorher, soweit es die Wasserzuflüsse gestatten, ein Vorschacht abgeteuft und ausgebaut wird und man mit dem Abbohren erst beginnt, sobald man sich den wasserreichen Schichten nähert. In den so geschaffenen Schachtraum wird dann der eiserne wasserdichte Schachtausbau, aus verschraubten Ringen mit Bleieinlagen bestehend (auch Cuvelage genannt), eingehängt. Dies wurde erst dadurch möglich, daß Chaudron den Gleichgewichtsboden einführte; es wird nämlich in einen der untersten Ringe vorläufig ein wasserdichter Boden eingebaut, so daß der ganze Eisenausbau als ein gewaltiges hohles Gefäß zum Schwimmen kommt. Während oben weitere Ringe aufgebaut werden, sinkt der Ausbau, der durch Einfüllen von Wasser soweit nötig belastet wird, tiefer und tiefer ein, bis er auf der Schachtsohle aufsetzt. Sodann wird der etwa zu 20 bis 25 cm bemessene ringförmige Raum zwischen dem Gebirge und dem Schachtausbau mit bestem Beton ausgefüllt, dem man Zeit zum Erhärten gibt, zuletzt kann das Wasser ausgepumpt, der Gleichgewichtsboden ausgebaut und dadurch die Schachtsohle zugänglich gemacht werden. Es wird dann vorsichtig weiter abgeteuft und der Fuß der Cuvelage zur weiteren Sicherung des Wasserabschlusses noch mit einigen eisernen Ringen, die aus zusammengeschraubten Segmenten bestehen, wasserdicht unterbaut.

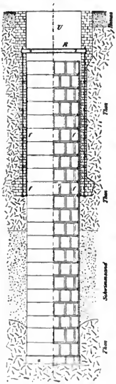
Im losen Gebirge, z. B. im Sande, können bei starker Wasserführung zum Abteufen und zum gleichzeitigen, wasserdichten Ausbau die folgenden drei Verfahren angewendet werden: bei geringer Mächtigkeit der wasserführenden Schichten das Senkrechtanstecken

(d. i. das Herstellen einer Spundwand); bei größerer Mächtigkeit der Senkschacht oder das Gefrierverfahren von Poetsch.

Das Senkrechtanstecken ist für wasserreiche Schichten von 6—8 m Mächtigkeit zweckmäßig (Abb. 163). In dem Vorschachte V, der in gewöhnlicher Weise geteuft und ausgebaut wurde, werden mit Hilfe entsprechender Führungen f Pfähle p, welche mittels Nut und Feder ineinandergreifen, als Spundwand durch die wasserführende bis in eine wasserundurchlässige Schicht niedergedrückt. Hierdurch ist der Raum innerhalb des Senkrechtansteckens von dem übrigen Gebirge abgetrennt, man kann ihn — allerdings meistens bei geringem Wasserzufluß durch die Fugen der Spundwand — ausschachten, die letztere durch weiteren Ausbau verstärken und dann im wasserundurchlässigen Gebirge in gewöhnlicher Weise weiter abteufen. Dieses ursprüngliche Verfahren ist durch Haase vervollkommnet worden; er bildet die Spundwand aus schmiedeeisernen Rohren mit eigenartigen Ansätzen (Abb. 162), die wie Feder und Nut ineinanderpassen, die Schwierigkeit des Eintreibens, namentlich in die wasserundurchlässigen Schichten, kann hierbei durch Bohrwerkzeuge, mit denen man innerhalb der Rohre arbeitet, oder durch Wasserspülung verringert werden. Diese Rohrverbindung hält den Sand zurück, läßt jedoch ebenfalls Wasser durch.



163. Das Senkrechtanstecken.

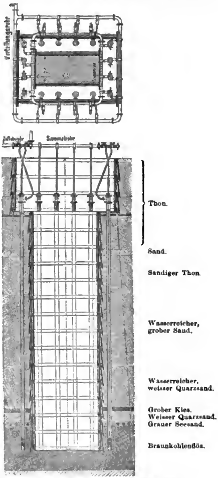


164. Eiserner Senkschacht.

Ein Senkschacht, mit dem es möglich ist, auch mächtigere wasserreiche Schichten zu durchteufen, ist gewissermaßen ein senkrechtes Anstecken aus einem Stück, derselbe wird entweder in Mauerung oder in Eisenausbau (Abb. 164) hergestellt. Man teuft auch hier einen Vorschacht V, mauert ihn aus und baut in denselben, von starken Ankerstangen gehalten, einen kräftigen Preßring R ein. Sodann wird auf der Sohle des Vorschachtes der mit Schneide versehene Senkschuh s aus Segmenten zusammengesetzt und der Eisenausbau aufgeführt, nachdem vorher im Vorschachte Führungen f für den Senkschacht eingebaut waren. Man beginnt dann auf der Sohle mit dem Ausschachten des Gebirges, und der Senkschacht sinkt, durch sein Eigengewicht, oder durch Schraubenpressen, die ihr Widerlager am Preßringe finden, belastet, tiefer ein. Kommt man auf die wasserführende Schicht, so werden die Gebirgsmassen mittels Sackbohrer oder Greifbagger von der Oberfläche aus unter Wasser gewonnen und der Schacht durch weiteren Aufbau von Ringen erhöht, bis es gelingt, ihn weit genug in wasserdichte Schichten einzupressen. — Nicht selten kommt es vor, daß bei

großer Mächtigkeit des wasserführenden Gebirges ein Senkschacht wegen der Reibung im Gebirge nicht bis in die wasserundurchlässigen Schichten vorwärtsgebracht werden kann. Man unterbricht dann die Arbeit, schüttet den Schacht bis über den Wasserspiegel mit grobem Sande zu und beginnt einen zweiten entsprechend engeren Senkschacht innerhalb des ersten, ja in schwierigen Fällen hat man bis 5 solcher Senkschächte ineinander verwendet, um große Tiefen zu erreichen. Dabei muß von vornherein mit großem Querschnitt begonnen werden, denn durch jeden weiteren Senkschacht wird der Schachtdurchmesser verkleinert.

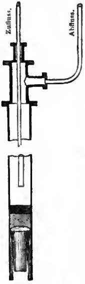
Außerordentlich ingeniös ist das **Gefrierverfahren** des Markscheiders Poetsch (Abb. 165 u. 166); es überwindet die Schwierigkeiten der starken Wasserführung dadurch, daß das Gebirge in der Umgebung des Schachtpunktes bis auf die wasserundurchlässigen Schichten abwärts durch Kältewirkung zum Gefrieren gebracht und in dem Frostkörper völlig trocken wie im festen Gestein abgeteuft und wasserdicht ausgebaut wird. Das Verfahren hat sich bereits in vielen Fällen vortrefflich bewährt. Nach Herstellung eines geräumigen Vorschachtes werden in etwa 1 m Abstand von den späteren Schachtstößen durch die wasserführenden Gebirgsschichten und bis in das wasserundurchlässige Gebirge die etwa 200 mm weiten eisernen **Gefrierröhren** mittels der Verfahren der Tiefbohrtechnik eingesenkt, am Boden verschlossen (Abb. 167) und in dieselben die etwa 30 mm starken **Laugenrohre** eingeführt, das obere Ende der Gefrierrohre durch einen entsprechenden Aufsatz verschlossen und mit Abflußrohr versehen. Die sämtlichen Laugenrohre werden mit dem Verteilungsrohre, die Abflußrohre mit einem Sammelrohre verbunden. Dann kann der Gefrierprozeß beginnen, indem von einer Kältemaschine aus tief erkaltete Lauge (Chlormagnesiumlösung von etwa — 25° C.) mittels Druckpumpe durch das Rohrsystem gedrückt und immer wieder aufs neue abgekühlt wird. Die hierbei stattfindende Wärmeentziehung bringt den ganzen Gebirgscylinder nach und nach zum Gefrieren. Der Schwimmsand erhält dann etwa die Beschaffenheit festen Sandsteins. Nach einigen Wochen kann mit dem Abteufen begonnen und nach Erreichung des wasserundurchlässigen Gebirges der wasserdichte Ausbau hergestellt werden. Erst nachdem der letztere mit Beton hinterfüllt und in allen seinen Teilen gesichert ist, hört man mit der Kälteerzeugung auf. Die Gefrierrohre können, nachdem warmes Wasser in dieselben eingeführt wurde, wieder herausgezogen



165 u. 166. Gefrierverfahren von Poetsch.

werden. 1 m Schachtabteufen mittels des Poetschschen Verfahrens kostet etwa 2000 Mk., eine Summe die vielleicht hoch erscheint; es ist jedoch der Erfolg vollständig gesichert, was bei dem nicht viel billigeren Verfahren des Senkschachtes keineswegs immer der Fall ist.

Die Wasserhebung. Diejenigen Wassermengen, welche trotz der angewendeten Vorkehrungen in die Tiefbaue eindringen, müssen bis zur Stollensohle oder bis zur Tagesoberfläche gehoben werden. Während als ständige Einrichtungen hierzu überall Kolbenpumpen dienen, werden für vorübergehende Zwecke die leicht zu handhabenden Pulsometer benutzt, auch ist man darauf eingerichtet, ausnahmsweise mit der Fördermaschine, mittels Wassertonnen oder indem man auf die Fördergestelle Wasserkästen aufschiebt, Wasser zu heben, man nennt dieses Verfahren Wasser fördern oder Wasser treiben.



167. Gefrierrohr nach Poetsch.

Es ist für jeden Bergbau von der größten Bedeutung, für die Wasserhebung Reservemaschinen zur Verfügung zu haben, damit beim Versagen einer Maschine oder bei erhöhtem Wasserzugang die Grube wasserfrei erhalten werden kann. Füllen sich die tiefen Sohlen mit Wasser, so sagt man, sie ersaufen, langwierige Betriebsstörungen sind die unausbleibliche Folge.

Von der Mühseligkeit der Wasserhebung in früheren Zeiten können wir uns heute, wo wir mit einer Maschine 10 und mehr Kubikmeter in der Minute einige hundert Meter hoch heben, kaum einen Begriff machen; ebensoviel Liter Wasserzuflüsse setzten früher eine Grube in die größte Verlegenheit. Das veranschaulicht uns trefflich Agricolas Bild „Tretrad mit Heinzenkunst" (Abb. 168). Beides, Tretrad und auch Heinzenkunst, sind heute kaum noch in der Technik gekannte Einrichtungen — und wenn auch auf der Abbildung eine ziemliche Wassermenge dem Ausgusse entströmt, wie oft versagten diese Künste mit den hölzernen Röhren und den schwerfälligen Ketten. Und bei alledem war die Höhe, über welche das Wasser gehoben wurde, sehr gering.

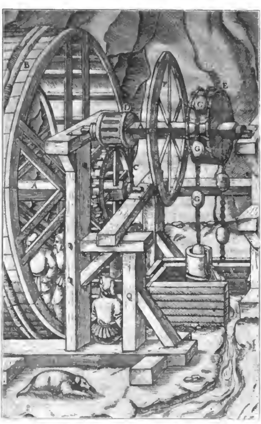
Als Pumpen werden jetzt fast ausschließlich, wenn man von kleinen Abweichungen absieht, Hubpumpen und Plunger-Druckpumpen benutzt; Saugpumpen stehen wegen der geringen Hubhöhe (etwa 9 m) kaum noch in Verwendung. Was den Einbau betrifft, so sind die Hubpumpen immer Gestängemaschinen, die Plungerpumpen können auch als sogenannte unterirdische Maschinen eingebaut werden.

Den Bau der Hubpumpe verdeutlicht Abb. 169. Im Pumpencylinder C bewegt das Gestänge G den mit zwei Klappenventilen versehenen und gegen die Cylinderwandung durch Stulp abgedichteten Kolben K und zwar hier aufwärts; das über demselben befindliche Wasser wird durch das Steigrohr St gehoben. Das als Klappenventil gebaute Saugventil S, in besonderem Ventilkasten befindlich, ist von dem durchströmenden Wasser geöffnet. Über dem Cylinder ist der Liderkasten L eingebaut, um von Zeit zu Zeit die Dichtung (Liderung) des Kolbens nachsehen und erneuern zu können. Beim Kolbenniedergang schließt sich das Saugventil, die Kolbenventile öffnen sich und lassen das vorher angesaugte Wasser hindurchtreten. Die gesamte Hubhöhe wird zweckmäßig auf etwa 40 m bemessen.

Der Kolben K der Plunger-Druckpumpe (Abb. 170 u. 171) ist ein Vollkolben, er schließt nicht an die Cylinderwandung an, sondern ist durch Stopfbüchse P abgedichtet. Die Ventile, Saug- und Steigrohre sind seitlich angebaut; beim Kolbenniedergang wird das Wasser durch das Druckventil D hinausgedrückt, beim Kolbenaufgang Wasser durch das Saugventil S angesaugt. Das Verbindungsstück zwischen Saugventilkasten und Cylinder heißt Halsrohr. Die Rohrverbindung r mit den Hähnen h dient für den Fall von Reparaturen an den Ventilen zum Ablassen des Wassers. Die geschilderte Anordnung wird bei Gestängemaschinen angewendet; denkt man sich Cylinder und Plunger am Hals-

rohre um einen rechten Winkel, d. h. aus der Senkrechten in die wagerechte Lage gedreht, so erhält man die für unterirdisch eingebaute Pumpen am häufigsten gewählte Bauart. Die zulässige Druckhöhe bei Plungerpumpen kann mehrere hundert Meter betragen.

Für solche Gruben, in denen Wasserzugänge zum Schacht auf vielen Sohlen stattfinden und außerdem die Wahrscheinlichkeit stark schwankender Wassermengen vorliegt, wählt man Gestängemaschinen zur Wasserhebung; die Betriebsmaschine steht, wenn es eine Dampfmaschine ist, über Tage, falls es ein Wassermotor ist, kann auch die Aufstellung über der Stollensohle erfolgen. Die Pumpensätze stehen im Schachte und sind an das Gestänge angebaut. Diese älteste Anordnung der Wasserhebungsmaschinen für den Bergbau hat den wichtigen Vorteil, daß auch beim Ersaufen der tiefsten Sohle die Wasserhebung fortgesetzt werden kann, solange die Pumpensätze unter Wasser arbeiten. Dagegen kann man Gestängemaschinen wegen der großen bewegten Lasten keine hohen Spielzahlen machen lassen, die Abmessungen der Pumpen werden verhältnismäßig große und es wird außerdem im Schachte ein geräumiges Wasserhaltungstrum gebraucht.



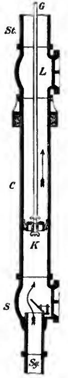
168. Altes Tretrad mit Heinzenkunst. Nach Agricola.

Unterirdische Wasserhebungsmaschinen nennt man im Bergbau liegende Plungerpumpen (häufig sind mehrere Plunger angeordnet), die mit einer Betriebsmaschine unmittelbar zusammengebaut und in besonderen Maschinenräumen in nächster Nähe des Schachtes aufgestellt sind. Als Betriebskraft wird denselben Dampf, Preßluft, Preßwasser und in neuester Zeit auch Elektrizität zugeführt. Im Schachte befinden sich nur die Kraftzuleitungen und die Steigrohre. Für tiefe Gruben und bei Wasserzugängen in mehreren Sohlen ordnet man eine entsprechende Anzahl solcher Maschinen übereinander an.

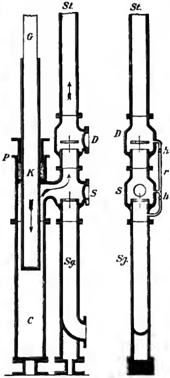
Auch in den Fällen, wenn man genötigt ist, unter der tiefsten Sohle abzubauen, etwa in einem verworfenen Feldteile, oft weit entfernt vom Schachte, werden derartige Maschinen aufgestellt, um das diesen Abbauen zufließende Wasser bis auf die Hauptstrecke zu heben. Hier kommen als Betriebskraft nur Preßluft und Elektrizität in Frage, da Dampf wegen der nie ganz zu beseitigenden Erwärmung der Grubenbaue unbequem wird und man Preßwasserleitungen nicht gern zu weit ausdehnt. Für Betriebspunkte, welche

von den Schächten weit entfernt sind, bilden diese Anordnungen die einzige Möglichkeit billiger Wasserhebung, kleinere Maschinen setzt man des leichten Transportes halber auf dazu passende Wagen.

Die unterirdisch eingebauten Maschinen haben den Nachteil, daß sie dem Ersaufen ausgesetzt sind, wogegen sie nur durch Dämme (s. weiter oben) und durch umständliche Anlage der Maschinenräume einigermaßen geschützt werden können. Sie haben aber die wesentlichen Vorteile hoher Umlaufszahlen, daher kleiner Abmessungen der arbeitenden Teile und billigen Betriebes, auch ist die ganze Anordnung sehr übersichtlich. Man wählt daher diese Bauart in allen Fällen, in denen nicht die triftigsten Gründe für die Anlagen von Gestängemaschinen sprechen.



169. Hubpumpe.



170 u. 171. Plunger-Druckpumpe.

Die Wetterwirtschaft.

Wetter nennt der Bergmann die in der Grube vorhandene Luft, sie hat zunächst die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, d. h. sie besteht aus 79 Raumteilen Stickstoff, 21 Raumteilen Sauerstoff und 0,04 Raumteilen Kohlensäure. Durch das Atmen der Menschen und das Brennen der Grubenlichter wird beständig Sauerstoff verzehrt und Kohlensäure gebildet, so daß, wenn die nötige Lufterneuerung nicht eintritt, die Grubenlampen trübe brennen oder wohl gar verlöschen und für die Menschen Atembeschwerden eintreten. In sehr tiefen Gruben erwärmen sich auch die Wetter dadurch, daß die Gesteinstemperatur mit der Tiefe zunimmt. Bekanntlich ist in etwa 20 m Tiefe die Gesteinstemperatur gleich der mittleren Jahrestemperatur an der Oberfläche, sie nimmt dann nach der Tiefe zu auf etwa 30 m um je 1° C. zu.

In manchen Gruben bildet sich auch noch auf anderem Wege Kohlensäure, so aus manchen Kohlen, durch die Explosion der Sprengstoffe und durch Grubenbrand. Kohlensäurereiche Wetter heißen schwere Wetter oder Schwaden. Da die Kohlensäure das hohe spezifische Gewicht 1,5 hat, so sammeln sich die Schwaden an der Sohle der Baue an, man erkennt sie daran, daß das Licht in ihnen nicht brennt.

Andere Gase, welche sich in der Grube zuweilen bilden, sind: das äußerst giftige und explosible **Kohlenoxydgas**, es entsteht namentlich beim Grubenbrande, wenn der Luftzutritt beschränkt ist. Schon ein Gehalt der Grubenluft von 1 % Kohlenoxydgas soll für den Menschen tödlich sein; das Gas ist sehr gefährlich, da wir keine einfachen Mittel besitzen, um es leicht zu erkennen. Doch sind die Brandwetter gewöhnlich mit Rauch gemischt und durch den brenzligen Geruch kenntlich.

Seltener bildet sich in der Grube und zwar in ersoffenen Grubenbauen durch Zersetzung von Schwefelmetallen das ebenfalls giftige und explosible **Schwefel-**

wasserstoffgas, es ist durch seinen eigentümlich unangenehmen Geruch leicht zu erkennen. Über die Bildung der Schlagwetter und ihre Bekämpfung, sowie über den Kohlenstaub und Grubenbrand ist im Abschnitte Steinkohlenbergbau näheres mitgeteilt.

Wetter, welche sich so verändert haben, daß das Licht nicht mehr gut brennt, nennt der Bergmann matte Wetter, und wenn noch schädliche Gase hinzutreten, böse Wetter. Leider steht uns nur ein einziges Mittel zur Verfügung, um schlechte Wetter zu beseitigen, nämlich die ausreichende Zuführung frischer Luft, um so eine Verdünnung und Erneuerung der Grubenluft herbeizuführen. Die Vernichtung schädlicher Bestandteile der Wetter auf chemischem Wege ist bis jetzt noch nicht gelungen.



172. Froschlampe.

Das Grubenlicht, dessen sich der Bergmann zur Erhellung der Grubenräume bedient, nennt er auch Geleucht. In den meisten Fällen werden Kerzen oder kleinere Lampen benutzt, deren Form nach örtlicher Gewohnheit verschieden ist. So bedient man sich im Harz und in Westdeutschland der Froschlampen (Abb. 172), am Harz sind sie gewöhnlich offen und werden mit Talg gespeist, in Westfalen sind sie geschlossen und für Rüböl oder Petroleum eingerichtet. Der Freiberger Bergmann hat eine kleine Kugellampe in einem mit blankem Metallblech ausgeschlagenen Kästchen (Abb. 173), das ganze wird Blende genannt und an einem hinten befestigten Haken in der Hand oder an einem um den Hals genommenen Riemen getragen, so daß der Mann beide Hände frei hat. Die Blende ist auch mit einer Tülle versehen, zum Hineinstecken eines Lichtes.

Um den nötigen Vorrat an Brennstoff für die Dauer einer Schicht mitzuführen, dienen dort, wo man Lichter gebraucht, Blechbüchsen, Öl wird an manchen Orten in einem Stierhorn (Abb. 174) mitgenommen. In das weite Ende ist ein Spund fest eingesetzt, die Spitze ist durchbohrt und kann durch ein Holzpflöckchen verschlossen werden, in der Grube wird der Ring über den Leibriemen geschoben. Feststehende Lampen werden an den Füllörtern, in Maschinenräumen, Pferdeställen, auf Querschlägen benutzt; hierzu wird auch zuweilen elektrisches Licht mit Stromzuführung verwendet und zwar sowohl Glühlampen als auch, z. B. in den Weitungen der Steinsalzgruben, Bogenlicht. Tragbare elektrische Lampen mit Accumulatoren sind für den gewöhnlichen Gebrauch zu schwer und zu teuer, dagegen leisten sie beim Eindringen in unatembare Gase mittels Atmungsapparate gute Dienste.



173. Freiberger Blende.

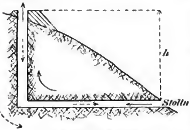
Hierüber und auch über die Sicherheitslampen werden wir bei Besprechung des Steinkohlenbergbaus ausführliches mitteilen.

In jeder Grube findet infolge Verschiedenheit der Temperatur und daher der Schwere der Luftmassen eine Bewegung derselben statt, die wir Wetterwechsel nennen, es strömt von der Oberfläche frische Luft in die Grube, während die verbrauchte abströmt. Die Gründe hierfür lassen sich besonders deutlich verfolgen, wenn wir annehmen, daß eine Grube (Abb. 175) mittels eines Schachtes und eines Stollens mit der Oberfläche in Ver-

bindung steht. Im Winter befindet sich über dem Stollenmundloch eine kalte, daher schwere Luftsäule (wobei der Höhenunterschied h zwischen Stollenmundloch und Hängebank des Schachtes in Frage kommt), während die Luft im Schachte erwärmt und leichter ist, es ziehen daher im Winter die kalten Wetter in der Richtung der ausgezogenen Pfeile zum Stollen ein und verlassen erwärmt den Schacht. Im heißen Sommer dagegen sind die Verhältnisse umgekehrt, die äußere Luft ist wärmer und leichter als die in der Grube befindliche, es fallen daher die Wetter warm zum Schachte ein und verlassen abgekühlt die Grube durch den Stollen in der Richtung der gestrichelten Pfeile. An schönen Tagen im Frühjahr und Herbst wird sich die für den Winter eigentümliche Wetterströmung in der kühlen Nacht, dagegen die den Sommerverhältnissen entsprechende am warmen Nachmittage einstellen. Es ändert also dann in 24 Stunden der Wetterstrom zweimal seine Richtung. Zunächst muß kurze Zeit ein Stillstand in der Wetterbewegung (**Wetterstockung**) eintreten, dann beginnt langsam und immer stärker werdend die Bewegung in der entgegengesetzten Richtung — das **Umsetzen der Wetter**. Dieselben Erscheinungen treten auch, wenngleich in abgeschwächtem Maße ein, wenn die Grube durch zwei Schächte mit der Tagesoberfläche in Verbindung steht, man kann dann die Wetterbewegung durch zweckentsprechende Auswahl der Höhenlage der Schachtpunkte auch durch Rücksichtnahme auf die vorherrschende Windrichtung und dementsprechenden Bau der Schachtgebäude verstärken.



174. Ölhorn.



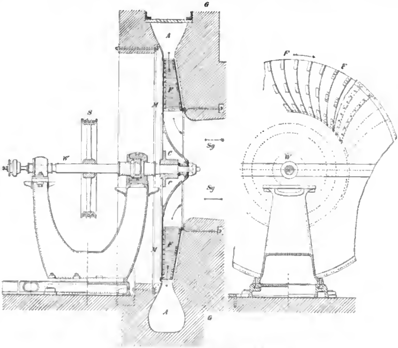
175. Natürlicher Wetterwechsel.

Für Gruben, in denen sich schädliche Gase entwickeln, namentlich für Schlagwettergruben können Wetterstockungen äußerst gefährlich werden, auch reicht bei größerer Ausdehnung der Grubenbaue die infolge der natürlichen Verhältnisse die Grube durchziehende Wettermenge nicht aus, um die schädlichen Gasarten genügend zu verdünnen. Es müssen daher Vorkehrungen getroffen werden, um die Zufuhr frischer Wetter dem Bedarf entsprechend zu steigern.

Von den beiden Hilfsmitteln, welche wir besitzen, besteht das eine darin, daß die Temperatur des ausziehenden Schachtes durch Anlage einer Feuerung unter Tage (**Wetterofen**) künstlich erhöht wird; es wird hiervon zwar zum Teil noch Gebrauch gemacht, doch bringen die Wetteröfen für Schlagwettergruben mancherlei Gefahren mit sich und beschränken die Benutzung des ausziehenden Schachtes für andere Zwecke ganz wesentlich. Man greift daher gewöhnlich zu dem zweiten Mittel und verstärkt die Wetterbewegung durch den Einbau von Wetterrädern (Ventilatoren), welche meistens durch Dampfkraft bewegt werden; sie erteilen der ausströmenden Luft eine große Geschwindigkeit und bewirken dadurch das regelmäßige Nachströmen neuer Luftmassen. Unter den mancherlei Systemen, welche zur Anwendung gelangen, sind die Schleuderräder (Zentrifugalventilatoren) am verbreitetsten, ihr Bau ist sehr einfach, so daß Störungen selten vorkommen. Der Hauptteil des Ventilators ist ein Flügelrad, welches in schnelle Umdrehung — bei kleinen Rädern bis 300 und mehr in der Minute, bei großen Rädern etwa 60 in der Minute — versetzt wird. Die innerhalb der Flügel befindliche Luft wird

infolge der Zentrifugalkraft nach dem Umfange geworfen, an der Achse des Flügelrades entsteht ein luftverdünnter Raum, der durch einen Kanal mit dem ausziehenden Schachte in Verbindung steht und Luft aus der Grube ansaugt; hierbei muß die Hängebank dieses Schachtes geschlossen gehalten werden.

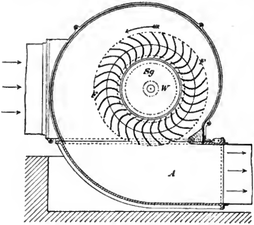
Als Beispiel sei hier der vielgebrauchte Ventilator Geisler (Abb. 176 u. 177) näher beschrieben; es ist ein sogenannter einseitiger Ventilator, das Flügelrad sitzt auf der Welle W und wird durch Seiltransmission S in Umdrehung gesetzt. Auf der linken Seite ist das Rad durch eine starke Eisenscheibe M geschlossen, an diese setzen die gekrümmten Flügel F an. Die rechte gegen M etwas geneigte Wand des Rades läßt den zentralen Teil frei, durch den die Luft dem Ventilator aus dem Saugkanal Sg zuströmt. Durch den an der Achse angebauten Einströmungskegel C wird die Luft in die radiale Richtung umgelenkt, von den Flügeln erfaßt, in drehende Bewegung gesetzt und nach dem Umfange gedrängt. Die



176 u. 177. Einseitiger Ventilator. System Geisler.

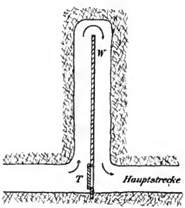
neueren Ventilatoren werfen die Luft nicht unmittelbar in die Umgebung aus, sondern sind mit einem spiralförmigen Auslaufraume A umgeben, der in dem Gehäuse G ausgespart ist und in einen tangential angeordneten sich erweiternden Schlot übergeht. Die schnellaufenden Ventilatoren baut man mit 3—4 m Durchmesser, bei den langsam laufenden kommen Durchmesser bis zu 12 m und darüber vor, das ergibt Umfangsgeschwindigkeiten von etwa 30 m in der Sekunde. Die Wettermengen, welche von leistungsfähigen Ventilatoren durch eine Grube geführt werden, sind sehr erhebliche: 2500 cbm in der Minute und mehr, die Leistung ist aber wesentlich abhängig von den Widerständen, welche dem Durchgange der Luft in der Grube entgegenstehen; weite, möglichst gerade Strecken mit abgerundeten Krümmungen sind engen gekrümmten Wetterwegen vorzuziehen.

Außer den Ventilatoren, welche die Luft für die ganze Grube versorgen, wendet man nicht selten auch noch kleinere ebenso gebaute Wetterräder an, welche einzelnen abgelegenen Betrieben durch Rohre (Lutten genannt) frische Wetter zuführen. Man läßt sie gewöhnlich blasend wirken, d. h. die Rohre werden an der tangentialen Öffnung des Ventilatorgehäuses angesteckt. Zum Betriebe solcher kleiner Ventilatoren (Abb. 178) sind Elektromotoren besonders geeignet. Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie in den Abb. 176 und 177.

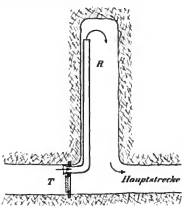


178. Querschnitt eines Grubenventilators im Gehäuse.

Die Versorgung solcher weit entfernter Grubenbaue mit frischen Wettern kann aber in ausgiebiger Weise auch noch durch andere Mittel erreicht werden, z. B. durch einen Wetterscheider W (Abb. 179). Hierunter versteht man eine Scheidewand aus Segeltuch, aus Brettern gezimmert oder auch gemauert, welche die betreffende Strecke in zwei Trümer teilt, so daß die Luft den durch die Pfeile angedeuteten Weg nehmen muß. Die Thür T in dem Wetterscheider vermittelt den Verkehr auf der Hauptstrecke. Ein Rohrstrang R in Verbindung mit einer Wetterthür (Abb. 180) würde denselben Zweck erreichen und ist namentlich für enge Strecken geeignet, doch setzt derselbe dem Durchgange der Luft größeren Widerstand entgegen.



179. Bewetterung durch Wetterscheider.



180. Bewetterung durch Rohrstrang.

Den Wetterströmen, welche die Grube durchziehen, muß übrigens der Weg vorgeschrieben werden. Damit sie nicht auf dem kürzesten Wege dem ausziehenden Schachte zueilen, werden alle Strecken, durch welche die Wetter nicht hindurchziehen sollen, durch Wetterthüren (Blenden) oder durch Aufführen von Mauern abgeschlossen.

Nachdem wir im einzelnen die Hilfsmittel des bergmännischen Betriebes betrachtet haben, können wir uns den berühmtesten Stätten des Bergbaues zuwenden.

Der Bergbaubetrieb.

Der Erzbergbau.

Gold und Silber.

Gold, das gelbe Metall, beherrscht heute die Welt. Sein eigener hoher Wert macht es zum Sinnbilde des Reichtumes; wer Gold und vielleicht noch Edelsteine in Fülle besitzt, ist mächtig. Während aber die Edelsteine Waren sind, deren Preis steigt und fällt, deren Wert keineswegs allein vom absoluten Gewicht sondern weit mehr von der Farbe, dem Feuer und von der Größe jedes einzelnen Steines abhängt, Waren, die erst durch künstliche Behandlung, durch den Schliff ihren hohen ideellen Wert erhalten, und gerade aus diesen Gründen als allgemeines Zahlungsmittel nicht anerkannt sind, beruht der Wert des Goldes nur im Stoffe selbst. Gold ist der heute allgemein angenommene Wertmesser für die übrigen Dinge, sein Wert steht fest, während alle anderen schwanken, es hat denselben Preis, ob es als Waschgold, in Barren oder als Münze angeboten wird.

Früher hatte das Gold als Münzmetall einen Rivalen, das **Silber**, das weiße Metall. Angenähert schon seit dem Ende des 17. Jahrhunderts, von 1865 ab auf Grund des lateinischen Münzvertrages, der zwischen Frankreich, Italien, Belgien und der Schweiz abgeschlossen wurde — später traten Griechenland und Rumänien auch Spanien demselben bei — hatte ein festes Wertverhältnis zwischen beiden bestanden, das gleiche Gewicht Gold hatte $15^1/_2$ mal mehr Wert, als dasselbe Gewicht Silber. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika, die bereits seit 1834 die Doppelwährung angenommen hatten, prägten die Münzen nach dem Wertverhältnis 1 : 16, also ganz ähnlich wie der lateinische Münzbund, aus.

Die Zeiten des festen Wertverhältnisses zwischen Silber und Gold sind jedoch vorüber, seit ungefähr 25 Jahren ist der Silberpreis im Niedergange begriffen. Er hat bis zum Jahre 1872 etwa 179 Mark für 1 kg betragen und ist von da ab fast stetig gefallen, so daß 1 kg nur noch etwa 75 Mk. wert war (Monatsdurchschnitt August 1897). Der Goldpreis dagegen ist in demselben Zeitraume unverändert geblieben, nämlich 1 kg 2788 Mk. Dadurch stellt sich das nunmehrige Wertverhältnis von Silber zu Gold wie 1 : 37,2.

Die Gründe, welche zu dieser in der Geschichte noch nie in gleichem Maße dagewesenen Verschiebung des Wertverhältnisses beider Metalle geführt haben, sind wesentlich die beiden folgenden: Das starke Anwachsen der Silberproduktion und der Übergang einer größeren Anzahl Staaten von der Silber-, beziehungsweise Doppelwährung zur Goldwährung. Über die Änderung der Produktionsverhältnisse beider Metalle seit der Mitte des Jahrhunderts gibt die umstehende Tabelle Aufschluß.

Es ist hieraus ersichtlich, daß die Goldproduktion, welche vor 1850 stets erheblich weniger als 100000 kg betragen hatte, durch die Entdeckung der kalifornischen Goldseifen vom Jahre 1852 ab auf kurze Zeit eine erhebliche Vermehrung bis zu fast 234000 kg im Jahre 1853 erfuhr, dann jedoch allmählich wieder sank und in der ganzen Zeit von 1860 bis 1888 auf der durchschnittlichen Höhe von 150000 bis 170000 kg blieb. Erst im letzten Jahrzehnt erfuhr sie eine bis jetzt noch stetig zunehmende Steigerung, so daß sie den Jahresbetrag von 350000 kg (1897) bereits überstiegen hat; hierzu hat wesentlich die hohe Produktion der **südafrikanischen Republik** beigetragen (vgl. S. 143). Ganz anders verhielt sich die Silberproduktion, da sie trotz fallenden Preises eine fast ständige Zunahme zeigt, sie ist seit 50 Jahren auf den sechsfachen Betrag gestiegen. Nach den allgemeinen volkswirtschaftlichen Gesetzen würde bereits allein in dem stark erhöhten Angebote von Silber auf dem Edelmetallmarkte ein Grund für das Weichen des Silberpreises zu erblicken sein.

Durch die Zunahme der Goldproduktion im letzten Jahrzehnte dürfte die Befürchtung derjenigen Münzpolitiker entkräftet werden, welche sich gegen die allgemeine Einführung der Goldwährung deshalb ausgesprochen haben, weil nach ihrer Ansicht die vorhandenen

Die Gold- und Silberproduktion der Erde von 1830 bis auf die Gegenwart nach Soetbeer und Rothwell

Jahre	Goldproduktion kg	Silberproduktion kg	Gewichtsverhältnis der Silber- zur Goldproduktion	Wertverhältnis des Goldes zum Silber
1831—40	20289*)	596450*)	29,4	
1841—50	54760*)	780410*)	14,3	15,5 (1841—1865)
1851	107153	875600	8,1	
1852	198315	888735*) (1852—1855)	4,5	
1853	233975		3,9	
1854	191845		4,5	
1855	203280		4,4	
1856	222013	904270*) (1856—1858)	4,1	
1857	200572		4,5	
1858	187632		4,9	
1859	187933	906490*) (1859—1860)	4,9	
1860	164460		5,5	
1865	180860	1189152	6,6	
1870	160848	1378855	8,6	15,6
1875	146704	1939539	13,2	16,6
1880	160397	2323000	14,5	18,0
1885	163105	2841572	17,4	19,4
1886	159509	2896882	18,1	20,8
1887	159156	2992451	19,0	21,1
1888	165659	3424771	20,6	22,0
1889	185809	3901809	20,9	22,2
1890	178825	4180532	23,3	19,8
1891	196586	4267380	21,6	21,0
1892	220133	4757955	21,6	23,7
1893	256236	5339746	20,9	26,4
1894	274708	5554144	20,2	32,8
1895	306133	5651962	18,4	31,6
1896	316254	5789674	18,3	30,7
1897	360000	5575000	15,5	34,2

Goldmengen für den Bedarf nicht ausreichen. Hierzu kommt, daß sich im Geschäftsverkehr das Papiergeld steigender Beliebtheit erfreut und daß immer mehr an Stelle der Barzahlung der Ausgleich durch den Wechsel- und Konto-Verkehr getreten ist.

Es sei hier erwähnt, daß von der gesamten Goldproduktion schätzungsweise etwa $\frac{1}{3}$—$\frac{2}{3}$, von der Silberproduktion etwa $\frac{1}{8}$—$\frac{1}{3}$ für industrielle Zwecke verbraucht wird.

Was die **Währungsfrage** betrifft, so können hier nur die Hauptereignisse in den wichtigsten Staaten Berücksichtigung finden. Um das Jahr 1870 hatten England (und zwar seit 1816), von dessen Kolonien Australien, Kapland und Kanada, ferner Portugal (seit 1854) und Brasilien, außerdem von den deutschen Staaten Bremen Goldwährung. Die Staaten des lateinischen Münzbundes, die Vereinigten Staaten von Nordamerika und Japan hatten Doppelwährung; die deutschen Staaten, Österreich, Holland und Skandinavien, Rußland, China und Indien hatten Silberwährung. Die beiden zuletzt genannten Länder mit ihren mehr als 600 Mill. Einw. waren Abnehmer für große Mengen Silber.

Als das neu begründete Deutsche Reich an die Einführung eines einheitlichen Münzwesens ging, fiel die Wahl auf die Goldwährung, welche durch die Gesetze vom 4. Dezember 1871 und vom 9. Juli 1873 vorbereitet wurde und am 1. Januar 1876 zur Einführung gelangte. Inzwischen waren am 1. Januar 1873 auch die Vereinigten Staaten von Nordamerika zur Goldwährung übergegangen, und bald folgten auch die skandinavischen Reiche diesem Beispiele. Die Staaten des lateinischen Münzvertrages schränkten die Silberprägungen erheblich ein.

Der Minderverbrauch an Silber für die Münzstätten und außerdem die Silberverkäufe der zur Goldwährung übergehenden Staaten erhöhten mit der vermehrten Silberproduktion das Angebot auf dem Silbermarkte derart, daß der Preis zwar allmählich,

*) Durchschnittlich auf 1 Jahr.

aber doch beständig, fiel. Die Versuche der Hauptsilberproduzenten in den Weststaaten Nordamerikas, das Fallen des Silberpreises durch Vermehrung der Silberprägungen aufzuhalten, hatte nur vorübergehenden Erfolg. Zunächst wurde im Jahre 1878 ein Gesetz, die Bland-Bill, durchgebracht, nach welchem jährlich mindestens 24, höchstens 48 Millionen in Silberdollars unter Zugrundelegung des Wertverhältnisses 1:16 geprägt werden sollten. Im Jahre 1890 verstieg man sich sogar zur Sherman-Bill, welche bestimmte, daß jährlich 1,7 Millionen kg Silber — das war etwa die damalige Produktion der Vereinigten Staaten — in Dollars zu dem obigen Wertverhältnisse ausgeprägt werden sollte. Hiermit verließen die Vereinigten Staaten, wenn auch nicht offiziell, die Goldwährung und gingen wieder zur Doppelwährung über.

Wirklich stieg der Silberpreis, der im Jahre 1889 durchschnittlich 126 Mk. betrug, im Jahre 1890 auf durchschnittlich 140 Mk. und erreichte im August desselben Jahres sogar 154,5 Mk., er sank jedoch wieder im Jahre 1891 auf 132 Mk. und im Jahre 1892 auf 117 Mk., da die nordamerikanische Bevölkerung sich den Silberdollars gegenüber ablehnend verhielt.

Als im November 1893 der neuerwählte Präsident der Vereinigten Staaten Cleveland die Abschaffung der Sherman-Bill durchsetzte, somit die Silberprägungen aufhörten und außerdem, Mitte 1893, noch während der diesbezüglichen Verhandlungen, England die freie Ausprägung der Silbermünzen in Indien einstellte, sank der Silberpreis unaufhaltsam weiter, von 104,1 Mk. im Jahre 1893 auf 85,25 Mk. im Jahre 1894. Den damals tiefsten Stand erreichten die Silbernotierungen im März 1894, nämlich 80,21 M. Der Preis ist dann zwar manchen Schwankungen unterworfen gewesen, aber er hat sich nicht wesentlich gehoben. Er betrug im Mittel

1895 88,0 Mk. 1896 90,9 Mk. 1897 81,5 Mk.

Den tiefsten Stand erreichte das Silber im August 1897, allerdings nur für wenige Tage, mit 70,2 Mk. Zu diesem Preissturze mag wohl der Übergang Japans zur Goldwährung mit beigetragen haben. In den letzten Monaten (Herbst 1898) berechnete man 1 kg Silber mit etwa 83 Mk.

Durch das Sinken des Silberpreises sind die Länder mit Silberproduktion gegenüber denen mit Goldproduktion erheblich in Nachteil geraten, vor allem aber ist der Silberbergbau schwer geschädigt. Die beigedruckten beiden Tabellen geben nach Rothwell ein Bild über die derzeitige Verteilung der Gold- und Silberproduktion auf die einzelnen Länder. Danach nehmen in der Goldproduktion bei weitem die erste Stelle ein: Die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Australien, Transvaal und Rußland, sie erzeugen zusammen fast genau $^5/_6$ der Goldproduktion der Erde, nämlich 255000 kg. Unter den silberproduzierenden Ländern haben die größte Erzeugung: Die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Mexiko, Bolivia, Australien und Deutschland; diese fünf Länder erzeugen zusammen fast 4800000 kg Silber jährlich, das sind etwa $^6/_7$ der Gesamtproduktion der Erde.

Deutschland produziert zur Zeit keine Golderze, die in der Tabelle ersichtliche Goldproduktion entstammt ausländischen Erzen, zum Teil auch eingeschmolzenem Altgolde; von der Silberproduktion entfallen die folgenden Mengen auf die wichtigsten Produktionsgebiete:

Gebiete	1896 kg	1897 kg
Rheinland	143018	142176
Harz	39805	47419
Schlesien	8612	8349
Mansfeld	100357	95573
Freiberg	46576	72861
Anhalt	9768	8947
Hamburg	83208	78050
Summa	431344*)	453375

*) Die kleine Differenz gegenüber der Tabelle „Silberproduktion der Erde" erklärt sich durch nachträgliche Berichtigung der statistischen Zahlen.

Die Goldproduktion der Erde auf das Jahr 1896 nach Rothwell.

Länder	kg	Wert in Mark
Europa:		
Deutschland	2487	6942000
Österreich u. Ungarn	2760	7705000
Rußland einschl. Sibirien	46653	130214000
Die übrigen Länder	1790	4996000
Asien:		
China	6998	19533000
Britisch-Indien	8760	24451000
Die übrigen Länder	1867	5209000
Afrika:		
Transvaal	62934	175654000
außerdem	3110	8681000
Australien	65912	183915000
Nordamerika:		
Vereinigte Staaten	79576	222122000
Mexiko	9140	25515000
Das übrige Nord- und Mittelamerika	4980	13846000
Südamerika:		
Brasilien	3732	10418000
Columbia	4665	13022000
Guayana	7856	21927000
Venezuela	1225	3419000
Die übrigen Länder	1809	5062000
Summa	316254	882631000

Die Silberproduktion der Erde auf das Jahr 1896 nach Rothwell

Länder	kg	Wert in Mark
Europa:		
Deutschland	428429	38812000
Österreich-Ungarn	57250	5187000
Frankreich	95750	8673000
Italien	56250	5095000
Spanien	222900	20193000
Die übrigen Länder	27575	2499000
Asien:		
Japan	56500	5120000
Australien	605400	54844000
Nord- und Mittelamerika:		
Vereinigte Staaten	1819208	164833000
Mexiko	1286842	116600000
Das übrige Nord- und Mittelamerika	150199	13608000
Südamerika:		
Bolivia	638000	57804000
Chile	151500	13725000
Peru	105181	9530000
Die übrigen Länder	88690	8035000
Summa:	5789674	524559000

Aber auch für die ganze Kulturwelt bringt der heutige Zustand unseres Münzwesens ernste Unbequemlichkeiten mit sich. Die Erfahrungen, welche mit dem goldenen 5-Mark-Stück und den ungefähr gleichwertigen Goldmünzen anderer Länder gemacht worden sind, haben zur Genüge dargethan, daß sich das Gold zur Ausprägung dieser und kleinerer Münzen nicht mehr eignet, das Goldstück wird unhandlich klein. Nimmt man nämlich das Wertverhältnis des Silbers zum Golde wie $1:15^1/_2$ an und berücksichtigt man weiter, daß Gold (spez. Gewicht 19,3) fast doppelt so schwer ist als Silber (spez. Gewicht 10,5), so ergibt sich, daß die einer bestimmten Silbermünze gleichwertige Goldmünze nur den dreißigsten Teil des Volumens der ersteren hat. Wir verwenden daher das Gold thatsächlich nur noch zur Ausprägung von Münzen bis 10 Mark Wert abwärts. Neben dem

Nickel — oder an seiner Stelle dem Kupfer beziehungsweise der Bronze — zur Herstellung der geringwertigsten Münzen bedürfen wir noch eines weiteren Münzmetalles für die im täglichen Umlaufe bei weitem am meisten gebrauchten Münzen im Werte des 50-Pfennigstückes bis einschließlich des 3-Mark-Stückes. Zu allen Zeiten und in sämtlichen Ländern hat man sich für diesen Zweck des Silbers bedient, und es ist hierzu sicher am geeignetsten, sowohl seiner natürlichen Eigenschaften als auch seines mittleren Preises wegen. Nun sind aber die im Umlaufe befindlichen Silbermünzen sämtlich ihrem Gewichte nach unter Zugrundelegung eines Silberpreises von 179 Mark für 1 kg ausgeprägt, während der Zeitwert des Silbers etwa 80 Mark beträgt. Das heißt: Das Thalerstück hat thatsächlich nur einen reellen Wert von 1,34 Mark, der Staat aber ist verpflichtet, es als 3 Mark Wert in Gold einzulösen. Solche Zustände sind auf die Dauer unhaltbar und rücken die Gefahr, daß unerlaubterweise vollgewichtige Münzen nachgeprägt werden, sehr nahe. Die Erfahrung lehrt auch, daß das Silbergeld bei den heutigen schwankenden Wertverhältnissen zwar im Inlande als vollwertige Münze gilt, daß es jedoch dem Auslande gegenüber seine Kaufkraft verliert und nicht mehr Münze ist sondern Ware.

Dringend zu wünschen ist es, daß die schon lange eingeleiteten internationalen Verhandlungen, um der Entwertung des Silbers zu steuern, endlich greifbare Ergebnisse zeitigen möchten. Dem Bergbau würde mit einer Festlegung des Silberpreises außerordentlich gedient sein, auch drängt alles darauf hin, daß dem Silber neben dem Golde seine Stellung als Münzmetall erhalten bleiben muß. Dann ist freilich immer noch die äußerst schwierige Frage zu lösen, wie eine Überproduktion an Silber zu verhindern sein wird.

Der Goldbergbau.

Gold findet sich gediegen meistens in kleinen Körnern und Flitterchen, nur sehr selten in größeren Klumpen (nuggets); auf den eigentlichen Goldgängen auch in Blech- oder Drahtform. Entweder kommt das Gold wie in den Gängen der Hohen Tauern und Siebenbürgens oder in den Flözen von Transvaal auf der ursprünglichen Lagerstätte eingewachsen vor, man nennt es dann **Berggold**, oder es wird als **Seifengold** im Sande der Flüsse und in sonstigen durch Verwitterung anstehender goldhaltiger Lagerstätten gebildeten Ablagerungen, z. B. am Ural, in Kalifornien, in Australien lose gefunden. Eigentliche Golderze gibt es nur wenige, es sind sämtlich Tellurverbindungen, von denen **Nagyagit** oder **Blättertellurerz** und **Sylvanit** auf den Goldgängen Siebenbürgens häufiger vorkommen. Das letztere wird auch **Schrifterz** genannt, weil seine Krystalle zuweilen auf Gangklüften den Schriftzeichen ähnliche Zeichnungen bilden. Nicht unwesentlich ist es, daß viele Schwefelkiese, Arsenkiese, auch Antimonglanze Gold in kleinen Mengen enthalten und dadurch oft deren Abbau erst lohnend wird.

Es sind im Vergleiche zur Weltproduktion zwar geringe Mengen, welche aus diesen Erzen gewonnen werden, aber dieser Bruchteil der Produktion ist nur unbedeutenden Schwankungen unterworfen, während sowohl beim Betriebe der Goldseifen, als auch der eigentlichen Goldgänge schnelles Ansteigen, aber auch baldiges Abnehmen der Produktion die Regel bildet.

Es mögen hier einige Worte über den Begleiter des Goldes, das **Tellur**, eine Stelle finden. Der Hüttenmann sieht diesen in der Natur verhältnismäßig seltenen Körper nicht gern, denn er erschwert die Verarbeitung der Erze erheblich. Auch kennt man bis jetzt keine Verwendung für das Tellur, nur vorübergehend wurde es zu rein wissenschaftlichen Zwecken, z. B. an physikalischen Apparaten benutzt. Wohl hauptsächlich, um die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf das Tellur zu lenken, hat die königliche Hüttenverwaltung zu Schemnitz in Ungarn zur Millenniumsausstellung in Wien 1896 Denkmünzen (s. Abb. 181) daraus gießen lassen. Die Rundschrift bedeutet „Königlich-Ungarische Hütte zu Schemnitz“. Es werden daselbst aus den Golderzen von Nagyag in Siebenbürgen jährlich etwa 100 kg Tellur dargestellt und an die chemischen Laboratorien abgegeben.

Das gediegene Gold hat eine schön goldgelbe Farbe, die jedoch dann, wenn der fast immer vorhandene Silbergehalt höher steigt, in ein lichteres Gelb übergeht. In neuester Zeit ist auch und zwar aus dem nördlichsten Golddistrikte Westaustraliens, **Kalgoorlie**, bräunliches Gold, etwa in der Farbe des französischen Senfes oder Mostrichs bekannt geworden, es entsteht durch Zersetzung von Tellurerzen und wird auch „mustard gold“ genannt.

Mit Rücksicht auf die Nachhaltigkeit und Kostspieligkeit der Gewinnung müssen drei verschiedene Goldvorkommen unterschieden werden. Das im Schwemmlande enthaltene **Seifengold** ist leicht zugänglich, die Natur hat die Zerkleinerung der Gesteinsmassen bereits besorgt, und das meistens in feinen Flitterchen, seltener in Körnchen und nur ganz ausnahmsweise in „nuggets“ (Klumpen) vorkommende Gold kann durch einen sehr einfachen Waschprozeß, bei dem zum Teil die Amalgamation zu Hilfe genommen wird, gewonnen werden. Dazu kommt, daß besonders bei Anwendung des hydraulischen Verfahrens (vergl. S. 140) die Verarbeitung sehr großer Massen möglich ist, so daß sich auch bei geringem Goldgehalte noch ein Nutzen ergibt. Diese Form der Goldgewinnung gestattet neben dem Großbetriebe auch den Kleinbetrieb, es werden bedeutende Mengen Gold gewonnen, aber die Betriebsdauer jeder einzelnen Seife ist der verhältnismäßig geringen Ausdehnung der Ablagerungen entsprechend nur eine kurze.



181. Denkmünze aus Tellur.

Auf den Gängen (goldführende Lager werden zur Zeit nur in Südafrika vergl. S. 143 bearbeitet) kommt das Gold ursprünglich fast ausnahmslos vergesellschaftet mit Schwefelkies und Quarz vor, auch hier ist es in der Regel sehr fein verteilt, das Auftreten von derbem Golde ist wie in den Seifen das der Nuggets selten. Auf allen diesen Gängen sind zwei Zonen zu unterscheiden: die am Ausstriche nahe unter der Oberfläche gelegene und die tieferen Regionen. Am Ausstriche im sogenannten **Hute** haben Zersetzungen stattgefunden, der Schwefelkies ist verschwunden, und an seine Stelle sind rötlich braune Eisenverbindungen getreten, das Gold ist in dem zerfressenen Quarze metallisch vorhanden. Die Gewinnung dieser Erze setzt schon etwas mehr technische Hilfsmittel voraus als der Seifenbetrieb, aber die Verarbeitung ist immer noch einfach, die Gangmasse wird mit Pochwerken oder auf Mühlen zerkleinert und das Gold (**Freigold**) durch Amalgamation gewonnen. Doch auch diese Goldmenge ist beschränkt, denn die Tiefe, bis zu welcher der Hut auf den Gängen herabreicht, beträgt nur selten 100 m, meistens erheblich weniger. Ganz anders verhält es sich mit den tieferen Zonen der Gänge, in denen noch die ursprüngliche Gangfüllung vorhanden ist in der Form von Schwefelverbindungen (wissenschaftlich **Sulfide** genannt), vorwiegend Schwefelkies, zu dem jedoch auch Bleiglanz und Zinkblende hinzutreten. Das Gold ist zum größten Teile nicht frei, sondern vererzt, und wenn auch der Goldgehalt der gleiche bleibt, wie im Hute, so ist doch dessen hüttenmännische Gewinnung erheblich erschwert, da die Goldteilchen nach der Zerkleinerung zunächst durch Röstung freigelegt werden müssen, worauf dann erst die Extraktion oder Amalgamation erfolgen kann. Zwar enthalten die tiefen Gangpartien die größte Menge von Erzen, der Betrieb kann also hier am nachhaltigsten sein, aber anderseits beginnen

auch in diesen Tiefen die technischen Schwierigkeiten größere zu werden, die Förderung verlangt mehr Kraft, die Unterhaltung der Grubenbaue wird teurer und die Wasserhebung stellt oft sehr große Anforderungen. Nimmt außerdem noch die Wärme im Erdinneren schnell zu, wodurch z. B. dem Bergbaue auf dem Comstockgange (S. 163) in der Tiefe ein Ziel gesetzt wurde, so ergibt sich, daß der Goldbergbau in größeren Tiefen der Gänge nur als Großbetrieb unter Aufwendung bedeutender Kapitalien betrieben werden kann.

Ehe wir zu der Beschreibung der einzelnen Goldbergbaue übergehen, möge hier noch kurz erwähnt werden, daß das Geschäft in Goldwerten zur Zeit ein außerordentlich ausgedehntes ist; die in Anteilsscheinen an Goldbergbauen angelegten Kapitalien beziffern sich sehr hoch. Überall, wo Zeichen von dem Vorhandensein von Gold gefunden werden, stellen sich auch bald Beauftragte von Kapitalisten ein, um das Recht der Ausbeutung zu sichern. Leider pflegt sich schon bei den ersten günstigen Nachrichten über den Befund die Spekulation dieser Werte zu bemächtigen, und die Kurse schnellen, oft ohne wirklichen Grund, in die Höhe. Die Schwierigkeit für die fachmännische Beurteilung von Goldlagerstätten ist groß, sie liegt darin, daß sehr kleine Goldmengen, die mit bloßem Auge häufig nicht erkennbar sind, bereits den Abbau lohnen. Es sind nämlich bei reichlichem Auftreten der Erze 10 g Gold in 1 t selbst für Goldgänge schon ein hoher, lohnender Gehalt, trotzdem dies nur 0,001% ausmacht; Goldseifen können noch bei niedrigeren Gehalten, zuweilen unter 1 g in der Tonne Sand mit Vorteil abgebaut werden. Der Nachweis so geringer Goldmengen erfordert sorgfältigste Probenahme, für Erze mit niedrigen Gehalten ist oft das Verwaschen größerer Mengen Rohmaterial notwendig.

Bei der Spekulationssucht weiter Kreise ist es nun kein Wunder, daß der Bergmann, dem die Beurteilung eines Goldvorkommens obliegt, es recht oft mit unlauterem Gebaren zu thun hat; es ist in den Goldländern so häufig, daß Verkäufer den Goldgehalt ihrer Erze künstlich zu erhöhen suchen, daß die Technik hierfür eine eigene Bezeichnung „das Salzen“ eingeführt hat. Gerade, weil das Gold so fein verteilt vorkommt, ist das Salzen eine leichte Sache. In einen Schurf, der in der angeblichen Seife aufgegraben ist, oder in die Probe, welche entnommen wurde, wird eine Prise Goldstaub gethan, selbst in das noch anstehende Ganggestein wird Gold hineingebracht. Wehe dem Bergingenieur, der sich täuschen läßt, denn die Auftraggeber haben das Nachsehen und sein Ruf als Fachmann ist untergraben. Hier hilft nur sorgfältigste Untersuchung an vielen Punkten, Erbohren von Proben mit dem Erdbohrer, eigenhändiges Schießen von Gangmasse und peinliche Aufbewahrung der Muster. Ja, es ist vorgekommen, daß in die zur chemischen Prüfung benötigten Reagentien Gold hineinpraktiziert worden war. Am zweckmäßigsten ist es, nur einen Teil der Proben an Ort und Stelle zu untersuchen, einen anderen Teil wohlverschlossen an die Auftraggeber zu senden, um an anderem Orte eine Vergleichsprobe machen zu lassen. Äußerste Vorsicht ist namentlich bei ganz neuen Funden am Platze, wenn noch keine Goldproduktion vorliegt. Die im Jahre 1897 durch die Tagesblätter gehenden Mitteilungen von reichem Goldvorkommen in einem süddeutschen Gebirge beruhte auf Salzen; freilich war man dort so ungeschickt verfahren, daß der Betrug leicht zu entdecken war. Das zum Salzen verwendete Gold war Münzgold mit 10% Kupfergehalt, der im natürlichen Golde niemals vorkommt, ja an den Goldstäubchen waren unter dem Vergrößerungsglase noch die Riefen zu erkennen, welche die Feile bei Herstellung des Goldstaubes erzeugt hatte! Viel schwerer sind die Betrüger zu entlarven, die in Goldländern mit echtem Waschgolde ihr Unwesen treiben!

Die Gewinnung des Goldes aus dem Schwemmlande, das Waschen, ist sicher das ursprünglichste Verfahren, es wurde schon von den ältesten Kulturvölkern angewendet. Ja man kann behaupten, daß das Suchen nach Waschgold überall ein so gründliches gewesen ist, daß heute in den alten Kulturländern kaum noch Goldseifen vorhanden sein dürften; die heute im Betrieb befindlichen liegen vielmehr an den Grenzen der Kultur. Auch viele Gangbergbaue auf Gold sind bereits erschöpft. So wissen wir von Plinius, daß Spanien aus den Flüssen Tajo und Duero dem römischen Kaiserreiche einen jährlichen Ertrag von 10000 kg Gold lieferte; die böhmischen Goldseifen, welche vom 8. bis 15. Jahrhundert in Betrieb standen und namentlich in der Nähe der von Goldwäschern

gegründeten Stadt **Pisek** im südwestlichen Teile des Landes reiche Ausbente gaben, sind verschwunden; der Gangbergbau Böhmens liefert zur Zeit nur noch niedrige und schwankende Goldmengen, im Jahre 1896 etwa 40 kg. Auch die Zeiten, als im Rhein und in der Donau Gold gewaschen wurde, sind vorüber. Nur am mittleren Laufe der Drau in der Gegend von Nagy-Kanizsa gibt es noch gewerbsmäßige Goldwäscher unter den Kroaten. Nach **Gönczi** (Ethnologische Mitteilungen aus Ungarn) sollen noch etwa 400 Goldwäscher vorhanden sein, sie hängen an ihrer Beschäftigung, und diese geht vom Vater auf den Sohn über. Gewöhnlich ziehen zwei miteinander aus, sie probieren den Sand mit dem Spaten, und wenn sie einige Goldflitterchen finden, stellen sie das einfache Waschbrett — eine geneigte, mit Rand versehene Holztafel — auf; der eine legt mit einem kurzen Spaten den Flußsand auf den oberen Teil des Brettes, während der andere mit der Schöpfkelle Wasser darüber gießt. Der leichte Sand wird abgespült, während das wenige Gold mit den schwersten Bestandteilen in Kerbeinschnitten liegen bleibt. Ihr Inhalt wird von Zeit zu Zeit mit dem Reisigbesen in einen Trog entleert. Zu Hause wird der angereicherte goldhaltige Sand auf dem Sichertroge oder der Waschschüssel nochmals ausgewaschen und das Gold endlich mit Quecksilber angequickt. Letzteres wird durch ein Tuch gepreßt und das erhaltene Amalgam auf einem sauberen Ziegelstein ausgeglüht. Das Steueramt zu Nagy-Kanizsa löst die geringen Goldmengen ein, der tägliche Verdienst eines Goldwäschers soll zwischen 50 Kreuzer und 1 Gulden 20 Kreuzer schwanken, er ist also kein hoher, zumal das Waschen im Winter unterbrochen werden muß; aber das freie, unabhängige Leben und der zeitweilig etwas höhere Verdienst üben ihren besonderen Reiz auf diese Leute.

Von den Goldbergbauen **Europas** haben außer den russischen, von denen später die Rede sein soll, nur noch der **ungarisch-siebenbürgische** und allenfalls der Bergbau in den **Tauern** Bedeutung. In Ungarn und Siebenbürgen sind es Erzgänge, die in jüngeren eruptiven Gesteinen auftreten und das Gold gediegen oder als Tellurverbindung führen. Als die bekanntesten Bergorte sind **Schemnitz**, **Nagybanya**, **Felsöbanya**, **Verespatak** und **Nagyag** zu nennen. Der Goldgehalt der Erze betrug im Jahre 1896 im Mittel 8—9 g in der Tonne Erz, abgesehen von den wenigen reichen Anbrüchen; das Goldausbringen in diesem Jahre erreichte 3172 kg.

Der Goldbergbau der **Tauern**, der auf Gängen im Gneis umgeht, führt uns in die Hochgebirgswelt der Alpen. Heute sind nur noch zwei Gruben in Betrieb, im Gasteiner Thal der **Radhausberg** (abzuleiten von Wasserrad) bei Böckstein und der **Hohe Goldberg** in der Rauris. Bei dem letzteren ist man im Begriff, einen tieferen Stollen herzustellen, die Produktion ruht einstweilen, bei dem ersteren wurden im Jahre 1896 an Mühlgold 27,6 kg dargestellt, außer dem Golde, welches in den Wascherzen, die nach Freiberg i. Sachs. verkauft werden, enthalten ist. Wenn man aber die Tauern durchstreift, vielleicht geführt von einem der alten Knappen, die gern Führerdienste verrichten, so trifft man überall bis zu 3000 m Höhe, selbst halbverdeckt von dem ewigen Eise die Spuren eines ausgedehnten Bergbaubetriebes. Die Chroniken erzählen, daß in der Mitte des 16. Jahrhunderts jährlich Tauerngold im Werte von mehreren Millionen Gulden gewonnen worden sei. Als reichste Familie unter den Bergherren werden die **Weitmoser** genannt, sollen doch zwei Töchter dieses Hauses mit Söhnen der Fugger verheiratet gewesen sein. — Das Leben der Bergknappen in diesen rauhen Höhen um den Sonnenblick mit ihrer Urwüchsigkeit und ihrem Aberglauben hat uns treffend **Amand von Schweiger-Lerchenfeld** in einer **Tauern-Gold** betitelten „Geschichte aus dem Knappenleben in den Hochalpen" geschildert.

Auch unser Führer hängt noch mit ganzem Herzen an den alten Stollen und Bauen in den Gebirgsthälern, auch er hofft, daß der alte Adel der Goldgänge sich wieder zeigen werde. Wir folgen gern seiner Einladung, eine zwar kurze, aber beschwerliche Fahrt in einen der alten verlassenen Stollen nur wenige hundert Schritt vom Wege zu wagen. Er zieht zwei Kerzen aus seinem Wams, schnell sind sie entzündet, und auf Händen und Füßen geht es vorwärts. Doch bald fühlen wir, daß der Fels unter uns mit spiegelblankem Eis bedeckt ist, und wie wir um uns schauen, da blinkt und glitzert es von den

Wänden, freilich ist es nicht pures Gold, aber tausend und abertausend blendend weiße Eistafeln, sechsseitig, wohlgeformt, nur millimeterdick und doch einzelne fast so groß wie die Handfläche, besetzen gleich einem Schleier das Gestein; in unbeschreiblicher Pracht leuchten sie uns im Kerzenscheine entgegen. Nur wenige Meter noch geht es so vorwärts, dann versperren uns dicke Eiszapfen die von der Firſt bis zur Sohle niederreichen, den Weg. Nur zögernd scheiden wir von dem prächtigen Schauspiele. — (Resultate der Untersuchung des Bergbauterrains in den Hohen Tauern.)

In Europa wird in größerem Umfange Goldbergbau nur noch am Westabhange des Ural in den Gouvernements Perm und Orenburg betrieben, im Jahre 1820 begann eine stärkere Produktion (etwa 320 kg) in der Gegend von Beresowsk; seit 1830 kommen auch aus Westsibirien und seit 1838 aus Ostsibirien erhebliche Mengen von Waschgold. Die Gewinnung von Berggold tritt in Rußland auch heute



182. Baggern der Goldseifen am Ural. Nach Aufnahme des Bergingenieurs Nissen.

noch sehr zurück, sie ist am bedeutendsten im Gouvernement Orenburg, beträgt jedoch nur 6—7 % der gesamten Goldproduktion, dagegen hat der Seifenbetrieb, dem unermeßliche Flächen zur Verfügung stehen, stetig an Bedeutung gewonnen, und die Goldproduktion Rußlands ist nach Nordamerika, Transvaal und Australien die bedeutendste. Das übrige Asien (vgl. die Tabelle S. 130) erzeugt nur etwa 16 000 kg Gold jährlich.

Die Unwirtlichkeit Sibiriens, die künstliche, von der russischen Regierung streng gehütete Abgeschlossenheit dieses Landes, das rauhe Klima und der Mangel an Verkehrsstraßen, sowie der Umstand, daß viele Seifen von jüngeren Schichten überlagert sind, haben den Kleinbetrieb in sehr engen Grenzen gehalten und den Großbetrieb begünstigt. Nach Sibirien hat sich der Strom der Goldgräber niemals auch nur entfernt in dem Maße ergossen, wie in den Westen Nordamerikas und die Golddistrikte Australiens.

Die Lagerung und die Art der Ausbeutung der Goldseifen ist außerordentlich verschieden ebenso wie der Goldgehalt, der im Durchschnitt zu 1,5 g in 1000 kg Sand an-

genommen wird, im Kreise Olekminsk des Gouvernements Jakutsk jedoch auf etwa 6,0 g steigt. Abb. 182 zeigt einen Kleinbetrieb uralischer Bauern, dieselben schöpfen mittels großer Schaufeln von einem Floße aus den goldführenden Flußsand, über einen einfachen Steg wird derselbe mittels Laufkarren zur Goldwäsche gebracht und auf ein grobes Sieb entleert. Der Bursche rechts auf dem Bilde hebt das nötige Waschwasser mittels einer einfachen Handpumpe aus dem Flusse, zwei Frauen rühren den Sand durch und entfernen das grobe Gerölle von dem Siebe, das feine goldhaltige Material fällt durch das Sieb auf einen geneigten Herd. Mit einer Art Herdkiste, einem kleinen, an langem Schaufelstiele befestigten Brettchen befördert der Mann links die völlige Auflösung des etwas lehmigen Sandes, die Goldflitterchen sammeln sich in den vorhandenen Querrillen an. Der aus denselben von Zeit zu Zeit entfernte Sand wird in einem großen eisernen Löffel rein gewaschen, bei sehr fein verteiltem Golde wohl auch die Amalgamation zu Hilfe genommen. Die Arbeit ist namentlich dann lohnend, wenn die obersten Schichten des Flußsandes goldführend sind; ist jedoch die eigentliche Seife durch jüngere Schichten überlagert und müssen diese zunächst entfernt werden, so wird die Arbeit hierdurch bedeutend teurer.

Die meisten Seifenbetriebe sind Tagebaue, es kommt jedoch auch vor, daß die Seife unter Deckgebirge liegt. In einzelnen Fällen steigt die Mächtigkeit der überlagernden tauben Schichten bis zu 40 m, trotzdem ist der Abbau noch lohnend. Dann macht sich unterirdischer Betrieb, oft unter Anwendung sehr starker Wasserhaltungen nötig.

Technisch von besonderem Interesse sind die Untersuchungsarbeiten, welche in Ostsibirien unter Zuhilfenahme der starken, monatelang anhaltenden Kälte ausgeführt werden. Die oberen Bodenschichten sind in dem hier in Betracht kommenden südlichen gebirgigen Teile des Landes stets, oft metertief gefroren, namentlich in sandigem Boden. Sollen auf einem zu untersuchenden Gelände Schürfe auf Goldseifen angelegt werden, so sichert man sich (nach R. Helmhacker) die nötigen Arbeiter für den Winter. Mit dem üblichen Proviant und Hausrat versehen, der von Pferden auf kleinen Schlitten oft einige hundert Kilometer weit zu befördern ist, begibt sich die kleine Karawane an Ort und Stelle. Während die Punkte für die Schürfe abgesteckt und genau vermessen werden, erfolgt der Bau von Hütten und die Beschaffung trockenen Holzes, das in großen Mengen benötigt wird. Neben jedem Schurfe wird ein kleiner Schuppen errichtet, oft nur eine hohe auf der Windseite gelegene Wand, um beim Waschen der Sandproben den nötigen Schutz zu gewähren. Jede Gruppe von Arbeitern hat 3 bis 4 Schürfe herzustellen. Mit Eintritt strenger Kälte beginnt die Arbeit durch vorsichtiges Ausschachten mit der Spitzhaue im gefrorenen Boden. Die Oberfläche rings um jeden Schurf wird schneefrei gehalten, um das Eindringen der Kälte in den Boden zu erleichtern. So kann man fortfahren, bis man sich der Frostgrenze nähert, dann wird das Feuersetzen zu Hilfe genommen. Auf den Boden des Schachtes wird ein Holzstoß aus trockenem Holze aufgeschichtet und angezündet, das Abbrennen nimmt zwei Stunden Zeit in Anspruch, durch die entwickelte Hitze taut der durchfrorene Boden etwa 10 bis 15 cm tief auf, und man kann ihn mit der Schaufel und durch vorsichtiges Kratzen mit der Keilhaue entfernen. Darauf überläßt man den Schacht 2 bis 3 Tage der Einwirkung der Kälte und ist dann sicher, daß an der Schachtsohle der Frost tief genug eingedrungen ist, um dasselbe Verfahren von neuem anzuwenden, ohne daß man Gefahr läuft, in wasserführendes Gebirge durchzuschlagen; tritt dieser Fall ein, so ist der Schurf meistens verloren. Geschickten Arbeitern gelingt es, die Schürfe ohne Wasserhebung, falls dies nötig ist, bis zu 24 m Tiefe in einem Winter niederzubringen, die natürliche Kälte bildet in den Schachtstößen und in der Schachtsohle eine genügend starke Frostmauer, um das Eindringen des Wassers zu hindern. Sand gestattet das schnellste Abteufen, Thon und namentlich Torf ist weniger geeignet, da die Kälte langsamer eindringt. Während dieser Arbeit sind nun beständig die herausgeschafften, durch die Feuerwirkung erweichten Bodenmassen auf Gold zu verwaschen, was bei der sibirischen Winterkälte ein recht schwieriges Geschäft ist und nur unter ausgiebiger Verwendung von heißem Wasser gelingt, das in einem mächtigen Kessel bereit gehalten wird.

Außer dem etwa erfolgenden Eindringen des Wassers in einen Schurfschacht, stören die oft hereinbrechenden und tagelang währenden Schneestürme die Arbeit am meisten, sie bedecken die Gegend meterhoch gleichmäßig mit Schnee. Die Schürfe müssen dann mit Reisig gut bedeckt werden, da sie sich sonst sehr bald mtt Schnee füllen würden, dadurch aber die Einwirkung der Kälte, weil Schnee ein schlechter Wärmeletter ist, aufgehoben würde. Aus demselben Grunde ist der Schnee thunlichst bald unmittelbar um den Schurfschacht und aus demselben zu entfernen. Auch bereitet es Schwterigkeiten, wenn der Schurfschacht auf größere Steine stößt, da dieselben gewöhnlich ganz herausgeschafft werden müssen. — Nach dem durch die Schurfarbeiten gewonnenen Anhalten können dann die Pläne für die Einrichtung des Seifenbetriebes ausgearbeitet werden.





183 u. 184. Kalifornischer Goldsucher in voller Ausrüstung (1850).
Durch Güte des Herrn Professor W. Schulz, Aachen.

Auch die Untersuchung des Untergrundes der Flüsse auf das Vorhandensein tiefer gelegener Seifen wird auf ähnliche Weise ausgeführt, so überraschend es klingen mag, man ist im stande, mitten in einem Flusse einen Schurfschacht ntederzubringen. An der ausgewählten Stelle wird das Eis von der Oberfläche aus durch Wegnehmen einer Schicht mit der Spitzhaue dünner gemacht, das herausgehackte Eis aber in einigem Abstande um die Vertiefung zu einem Walle aufgehäuft und durch Begießen mit Wasser zu einer festen Masse verbunden. Nachdem dte Kälte einige Tage gewirkt hat, kann das gleiche Verfahren wiederholt werden, der Fluß friert an der gewählten Stelle allmählich bis auf den Grund aus. und der Schacht ist mit einer genügend starken Eiswand nmgeben. Der auf der Oberfläche des Eises hergestellte Wall soll das zuweilen sich zeigende Oberwasser des Flusses (über der Eisdecke fließendes Wasser) von dem Schurfe fern halten. Ist man bis auf den Flußgrund gelangt, so wird das oben bereits beschriebene Verfahren des Abteufens mittels abwechselnden Ausfrierenlassens und Feuersetzens angewendet.

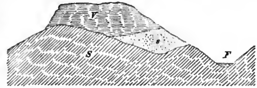
Die Vereinigten Staaten von Nordamerika nehmen unter den Gold produzierenden Ländern seit Jahrzehnten die erste Stelle ein. Viele Staaten tragen hierzu bei, jedoch stehen Kalifornien und Colorado zur Zeit im Vordergrunde, da jeder dieser Staaten in den letzten Jahren etwa $^1/_3$ der gesamten Erzeugung der Vereinigten Staaten geliefert hat. Die Goldgewinnung hat sich hier erheblich anders entwickelt, als diejenige Rußlands. Auf die ersten Nachrichten von der Entdeckung des gelben Metalles im Frühjahr 1848 bei der Suttermühle am südlichen Arme des Americanflusses ergoß sich ein wahrer Strom von Goldgräbern in jene damals äußerst dünn besiedelten, zum Teil noch völlig unbetretenen Gebiete. Das Goldfieber ergriff mit bis dahin unbekannter Gewalt weite Kreise der Bevölkerung. Nur mit der nötigsten Ausrüstung versehen



185. Goldwaschen mit der Schüssel.

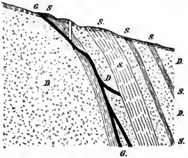
(Abb. 183 u. 184), zogen die Goldgräber in die Wildnis hinaus. Die Waschschüssel und die Wiege zum Waschen des goldhaltigen Sandes, eine warme Decke für die Nacht, dazu Schaufel, Spitz- und Lettenhaue, Kochtopf, Konserven, eine Flinte, Revolver und Messer, das war außer ein Paar kräftigen Armen ihr ganzer Besitz. Sie untersuchten den Sand der Fluß- und Bachläufe durch Verwaschen in der Waschschüssel (Abb. 185), bis sie, vom Glück begünstigt, das ersehnte Gold fanden. Wie viele sind den Entbehrungen zum Opfer gefallen, wie wenige haben die erträumten Reichtümer erworben und sich eine gesicherte Zukunft geschaffen, denn alle Bedürfnisse, namentlich Lebensmittel, waren nur für außerordentliche Preise zu erlangen. Dazu kam die Unsicherheit aller Verhältnisse; unter die ehrlichen Männer mischten sich viele, die nichts zu verlieren hatten und denen jedes Mittel, das Gold zu erlangen, anwendbar erschien, die vor Diebstahl, Verrat und Mord nicht zurückschreckten. — Jene Zeiten sind ja in der Novellenlitteratur oft geschildert worden.

Der Goldbergbau in Kalifornien ist ein treffliches Beispiel für die außerordentlich schnell sich entwickelnde, dann aber auch bald zurückgehende Erzeugung von Seifengold. Nachdem die Goldseifen im Jahre 1848 entdeckt worden waren, lieferte Kalifornien bereits im Jahre 1850 62 535 kg Gold und erreichte im Jahre 1852 das Maximum seiner Goldproduktion mit 124 568 kg. Die Bedeutung dieser Zahl ergibt sich am besten daraus, daß die Weltproduktion dieses Jahres auf 198315 kg geschätzt wird, danach hat Kalifornien allein fast $^2/_3$ der Weltproduktion des Jahres 1852 geliefert. Ebenso schnell, wie sie gestiegen, sank aber auch die Jahresproduktion dieses Dorados, denn man war nur auf schnellen, leichten Gewinn bedacht, und die reichsten Funde waren bald erschöpft, namentlich dort, wo die natürlichen Verhältnisse den Kleinbetrieb gestatteten. Das Jahr 1855 lieferte noch 83000 kg, das Jahr 1862 noch 59000 kg, seitdem ist die Produktionsziffer fast beständig gesunken und im letzten Jahrzehnt hat dieselbe jährlich 20000 kg nur einige Male erreicht.



186. Ältere kalifornische Seifenablagerung.
S Schiefergebirge, s Seifenablagerung, V Decke von jüngerem vulkanischen Gestein, F derzeitiges Flußthal.

An vielen Orten finden sich über weite Gebiete verteilt Seifen in den derzeitigen Flußläufen, sie bildeten das erste Objekt der Gewinnung, dann wurden aber auch ältere Seifen, wahrscheinlich tertiären Alters angetroffen, sie füllen die Betten früherer Flußläufe aus und sind zum Teil durch jüngere eruptive Gesteine bedeckt (s. Abb. 186). Ebenso wie in den rezenten Seifen findet sich auch in den älteren häufig eine Anreicherung des Goldes in den untersten Schichten, die sich durch mehrfache Umlagerung des Materiales erklärt. Diese älteren Seifen müssen bereits zum größten Teile durch Grubenbetrieb gewonnen werden, der in dem lockeren Gebirge durch starken Holzverbrauch teuer wird. Erst sehr viel später suchte man in Kalifornien nach den Gängen, denen das Seifengold entstammt, es sind echte Goldquarzgänge, zum Teil sehr mächtig entwickelt. Am weitesten erstreckt sich der Muttergang, ein Kontaktgang, denn die Gangspalte liegt (Abb. 187) zum Teil auf der Grenze wechsellagernder Schichten von Diabas und Schiefer, die Hauptstreichrichtung ist Nord-Süd. Die Mächtigkeit des Ganges beträgt oft 10 m, dabei hat man denselben auf eine streichende Länge von 120 km verfolgt. Bis zur Tiefe von 40—60 m fand man Freigold mit zersetztem Schwefelkies, dann begannen die unzersetzten, geschwefelten Erze. Der Goldbergbau ist jetzt an einzelnen Stellen bis zu 600 m Tiefe vorgedrungen. Der durchschnittliche Goldgehalt der „aufbereiteten" Sulfide soll zwischen 100 und 200 g in der Tonne schwanken, doch werden auch ärmere Erze mit Vorteil verarbeitet. Auch auf diesem Gange wechseln taube Zonen und Erzmittel, ohne daß sich über die Verteilung der letzteren eine feste Regel erkennen ließe. Der Muttergang ist von einer Anzahl weniger mächtiger Parallelgänge begleitet, außerdem tritt ein zweites Gangsystem mit west-östlichem Streichen auf. Unsere Kenntnis der kalifornischen Goldgänge ist jedoch eine unvollständige, da weite Flächen des Landes und damit wahrscheinlich auch das Ausgehende vieler Goldgänge von jüngeren Eruptivgesteinen bedeckt sind.



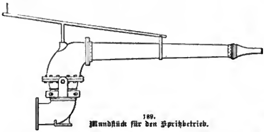
187. Profil durch den Muttergang in Kalifornien.
G Erzgang, D Diabas, S Schiefer.

Die Entwickelung der Technik des kalifornischen Seifenbetriebes nimmt unsere besondere Aufmerksamkeit in Anspruch. Der Kleinbetrieb mit der Waschschüssel und mit der Wiege — einem in schaukelnde Bewegung gesetzten Kasten mit einem Siebe und einer darunterliegenden geneigten Herdfläche — wobei der einzelne Mann täglich etwa 500 bis 1000 kg goldhaltigen Sand verarbeiten kann, hörte in der Hauptsache bald auf, da der Ertrag dem weißen Goldgräber zu gering wurde, nur die anspruchslosen Chinesen waschen auch heute noch in dieser ursprünglichen Weise die Flußsande; sie dürften dabei nur etwa auf einen Tagesverdienst von einem halben bis zu einem ganzen Dollar (2—4 Mark) kommen. Im übrigen hatte bald der Großbetrieb sich der Goldseifen bemächtigt und verarbeitete mit Zuhilfenahme des fließenden Wassers außerordentlich große Mengen auch sehr armer Goldseifen noch mit Nutzen — man sagt bis zu 1,0 g Goldgehalt in der Tonne abwärts. Die Kosten der Verarbeitung einer Tonne sollen sich nur auf 10—34 Pfennig stellen. Die Arbeitsweise bei diesem **hydraulischen Betriebe** ist die folgende: Das Seifenmaterial wird durch Arbeiter mit der Schaufel am Kopfende von Gerinnen eingetragen, in die erhebliche Wassermassen geleitet werden. Die groben Gerölle werden durch Siebe zurückgehalten und die feineren Massen durch Rühren mit Werkzeugen vollends verteilt, das Wasser führt den Sand und Schlamm mit sich fort, während das Gold zu Boden sinkt und sich vor eingelegten Querleisten ansammelt. Je länger die Gerinne sind, je weniger Gold geht verloren, man hat daher bis zu 100, ja 300 m lange Gerinne angewendet, im letzteren Falle sind es gepflasterte Kanäle, die Sohle kann in der durch Abb. 188 veranschaulichten Weise aus in Zement verlegten Steinen hergestellt werden. Oft wird auch die Amalgamation zu Hilfe genommen, indem man in die Vertiefungen der Gerinneböden etwas Quecksilber gibt.



188. Mit Steinpflaster versehenes Gerinne zum Auffangen des Seifengoldes.

Aber auch die Handarbeit bei der Seifengewinnung ist erspart worden. Aus Rohrleitungen und beweglichen Mundstücken (Abb. 189) läßt man das Wasser in mächtigen Strahlen gegen das Seifengebirge ausspritzen, dieses wird hierdurch gelöst, auch werden die Massen verteilt und den Gerinnen zugeführt. Es sollen auf diese Weise täglich 30 Millionen cbm Seifengebirge verarbeitet worden sein. Welche enormen Wassermengen man hierzu brauchte, geht daraus hervor, daß je nach dem verfügbaren Wasserdrucke und dem Zusammenhange der goldhaltigen Massen mit 100 cbm Wasser 3—24 cbm Seife gelöst und gewaschen werden. Die Versorgung so großer Wassermengen machte naturgemäß besondere Anlagen notwendig. In wasserreichen Flußthälern fing man an einem oberhalb gelegenen Punkte das Wasser durch ein Wehr ab und führte es in Gräben und Gerinnen am Thalgehänge entlang bis zum Verbrauchspunkte. Wasserarmen Gebirgsthälern dagegen mußte das Wasser aus bedeutenden Entfernungen zuweilen mehr als 100 km weit unter Zuhilfenahme großer durch Thalsperren hergestellter Sammelteiche zugeführt werden. Die „Water-Companies“ gaben das Wasser gegen einen bestimmten Wasserzins, etwa 2,40—3,50 Mark für 100 cbm an die Seifenbetriebe ab. An Kläreinrichtungen für diese großen Wassermassen war natürlich nicht zu denken, so kam es, daß die Flüsse versandeten, aus ihren Ufern traten und auch die benachbarten Fluren mit Sand bedeckten. Im Interesse der Landwirtschaft und Schiffahrt wurde daher im Jahre 1883 in Kalifornien der hydraulische Betrieb untersagt, da jedoch infolge dieses Verbotes die Goldproduktion erheblich zurückging, so wurde im Jahre 1889



189. Mundstück für den Spritzbetrieb.

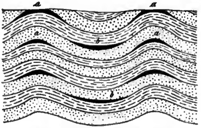
das hydraulische Verfahren wenigstens überall dort wieder gestattet, wo Schädigungen der Landwirtschaft und Schiffahrt nicht in Frage kommen. Ihren früheren Umfang wird diese Betriebsweise indessen sicher nie wieder erreichen. Dagegen hat sich auch in Kalifornien der Bergbaubetrieb in neuester Zeit erheblich mehr als früher dem Gangbergbau zugewendet. Hierzu mögen wesentlich die Erfolge beigetragen haben, welche in dem neuesten Goldrevier der Vereinigten Staaten in Cripple Creek in Colorado seit dem Jahre 1891 erzielt worden sind.

Nächst den Vereinigten Staaten von Nordamerika hat Australien in den letzten 50 Jahren die größten Mengen Gold geliefert; auch dort sind jüngere und ältere Seifen sowie Goldgänge in großer Zahl auch stock- und lagerförmige Lagerstätten mit hohem Goldgehalte vorhanden. Von den verschiedenen Kolonien wurde zuerst in Neusüdwales im Jahre 1841 Gold in größerer Menge gefunden, es folgten in den 50er Jahren Victoria, Südaustralien und Neuseeland. Seit dem Jahre 1863 werden auch in Queensland erheblichere Mengen Gold gewonnen, und erst seit wenigen Jahren trat auch Westaustralien als Goldproduzent auf. Der heutige Stand der Golderzeugung ist nach Rothwell aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich:

Australiens Goldproduktion im Jahre 1896 nach Rothwell

Name der Kolonie	Kilogramm	Prozent
Victoria	23 536	35,8
Queensland	16 375	24,9
Neusüdwales	8 057	12,8
Westaustralien	7 826	11,9
Neuseeland	7 382	11,2
Tasmanien	1 718	2,6
Südaustralien	852	1,3
Summa:	67 746	100,0

Danach steht Victoria mit der größten Produktion an der Spitze, es folgt an zweiter Stelle Queensland, das im Crocodile-Goldfelde die berühmte stockförmige Lagerstätte den Mount-Morgan besitzt; es folgen dann mit angenähert gleicher Produktion Neusüdwales, Westaustralien und Neuseeland, die geringsten Erträge an Gold liefern Tasmanien und Südaustralien.



190. Die Goldlagerstätten von Bendigo.

In der Kolonie Victoria liegen die sogenannten saddle reefs (Sattellager) von Bendigo, welche geologisch von außerordentlichem Interesse sind. Das Gebirge besteht aus gefalteten Schichten des Silur, vorwiegend Schiefer und Sandstein (vgl. Abb. 190); auf den Sätteln a und zum Teil auch in den Mulden b schieben sich zwischen die Gebirgsschichten linsenförmige Einlagerungen ein, bestehend aus Quarz und Schwefelkies mit gediegenem Gold, der Bergbau ist bis zu mehr als 600 m Tiefe vorgerückt und hat eine größere Anzahl von saddle reefs neben- und untereinander angetroffen.

Übrigens zeichnen sich die Goldseifen Victorias durch das verhältnismäßig häufige Auftreten von nuggets (Goldklumpen) aus, hier wurde das größte überhaupt bekannt gewordene Stück gediegenen Goldes im Gewicht von mehr als 70 kg gefunden, es ist unter dem Namen Welcome Stranger bekannt geworden.

Kurze Zeit, nachdem Johannesburg in Transvaal den Strom der Goldgräber in eine völlig neue Richtung gelenkt hatte, erstand in Coolgardie (Westaustralien), etwa 500 km östlich von der Hauptstadt Perth mit dem Hafenort Freemantle gelegen, ein

neues Dorado mitten in der wasserarmen Wüste, mitten im australischen Busch. Mit unendlichen Entbehrungen hatten die ersten Goldsucher zu kämpfen, aber auch hier that das Goldfieber Wunder, immer neue Scharen von Einwanderern kamen herbei und wie durch ein Zauberwort erstand die neue Stadt; wo zuerst nur Zelte und Hütten aufgeschlagen wurden, wuchsen bald massive Gebäude mit Verkaufsläden und Hotels aus dem Boden, noch schneller als in den fünfziger Jahren die kalifornischen Städte. Allerdings soll der Boden viel Gold bergen, aber die angelegten Kapitalien — sie betragen erheblich über 1 Milliarde Mk. — dürften wegen Überschätzung des Wertes der Gruben zu hoch bemessen sein, um eine angemessene Verzinsung zu ermöglichen. Fast überall bedecken Goldseifen, wenn auch von sehr wechselnder Goldführung, den Boden, Gänge von Goldquarz setzen in großer Zahl auf und auch in lagerartigen Konglomeraten und Sandsteinen (Zemente genannt) findet sich das edle Metall.

Sehr störend für die schnelle Entwickelung des Bergbaues bleibt, auch nachdem im April 1895 durch Eröffnung der Eisenbahnverbindung, einer Verlängerung der von



191. Trockene Verarbeitung von Goldsand in Westaustralien.

Perth aus nach Osten führenden Bahnlinie, die Schwierigkeiten des Transportes vermindert waren, der Mangel an Wasser, denn nur reichere Goldseifen, welche das Gold in gröberen Körnchen enthalten, lassen sich mit Vorteil trocken verarbeiten. Abb. 191 zeigt dieses Verfahren, es ist eine Art Windseparation, die zuweilen durch kleine Handventilatoren unterstützt wird. Allerdings kann bei dieser einfachsten Ausführung nur ein Teil des Goldes gewonnen werden. Die Verarbeitung (das Verpochen und darauf folgende Amalgamieren und Auslaugen) der Gangerze und der Zemente erfordert allerdings Wasser, und so sucht man denn in Coolgardie fast eben so eifrig nach Wasser wie nach Gold, namentlich der Granit gilt für wasserführend. Ein abschließendes Urteil über Coolgardie läßt sich noch nicht mit Sicherheit fällen, die besten Aussichten scheint nach den neuesten Nachrichten der nördlichste Bezirk Kalgoorli zu bieten. Von den verschiedenen Lagerstätten dürfte die Ausbeutung der Zemente am erfolgreichsten sein, sie sind zum Teil bis zu 6 m mächtig und enthalten zuweilen mehrere Unzen Gold in der Tonne, während unter den heutigen Verhältnissen noch 0,4 Unzen = 12 g in der Tonne mit Vorteil abbauwürdig sein dürften. (Gmehling, Privatbrief, Österreichische Zeitschrift 1897.)

Erst seit dem verhältnismäßig kurzen Zeitraume von etwa 10 Jahren nimmt unter den goldproduzierenden Ländern **Transvaal in Südafrika** eine der bedeutendsten Stellungen ein, die dortigen Lagerstätten sind die wichtigsten Vertreter goldführender Schichten des älteren Sedimentärgebirges. Derartige Vorkommen, jedoch mit geringeren Gehalten sind schon früher aus den Alleghanys und von den Blackhills in Dakota bekannt geworden.

Im Transvaal sind es Konglomerate von abgerollten Quarzkieseln mit kieseligem Bindemittel, ganz vorwiegend in letzterem findet sich neben Schwefelkieskryställchen das gediegene Gold in so feiner Verteilung, daß es oft erst mit bewaffnetem Auge zu erkennen ist. Die Frage, ob diese Lagerstätten als Seifen einer weit zurückliegenden geologischen



192. Tagebau am Witwatersrand.

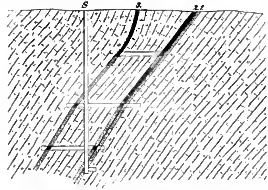
Periode aufzufassen sind, oder ob das Gold nachträglich in diese Schichten eingedrungen ist, kann zur Zeit noch nicht entschieden werden. Solche Konglomerate, dort **reefs** genannt, die wir im Sinne der Lagerstättenlehre wohl am besten als goldführende Flöze bezeichnen dürften, wurden zuerst im östlichen Teile der Südafrikanischen Republik im Jahre 1870 bei **Lydenburg** erschürft; diesen Lagerstätten, sowie den in der dortigen Gegend vorkommenden Goldseifen entstammen die Erträge der Jahre 1875—1877 von über 1 Million Mark jährlich. Sodann wurden im Jahre 1884 die Goldquarzgänge von **De Kaap** in der Nähe der heutigen Stadt **Barberton** entdeckt, hierdurch stiegen die Erträge Südafrikas an Gold, nachdem sie in der Zwischenzeit erheblich zurückgegangen waren, in den Jahren 1885 auf 1,4 Millionen Mark und 1886 auf 2,8 Millionen Mark.

Doch diese Goldfunde wurden erheblich in den Schatten gestellt, als Ende des Jahres 1886 am **Witwatersrand** Konglomerate in mächtiger Entwickelung und weiter Erstreckung entdeckt wurden. Von nun an steigt die Golderzeugung der Südafrikanischen Republik schnell zu so bedeutenden Erträgen, daß sie die Augen der ganzen Welt auf sich lenkte. Wie in anderen Goldländern entstand mitten in der Einöde eine Stadt, **Johannesburg**, sie zählte im April 1887 bereits 3000, im Januar 1890

26000 und im Juli 1896 102000 Einwohner. Unter diesen waren 50000 Europäer, 43000 eingeborene Kaffern, 5000 Asiaten und 3000 Mischlinge; wie in allen durch Einwanderung schnell emporblühenden Städten überwiegt auch in Johannesburg die Zahl der Männer (79000) erheblich diejenige der Frauen (23000).

In der dortigen Kapformation, welche vorwiegend aus Thonschiefern, Grauwacken, Sandsteinen, Quarziten, Konglomeraten, Kalksteinen und Grünsteineinlagerungen besteht, sind mehrere Gruppen goldführender Konglomerate bekannt. Die wichtigste ist zur Zeit die östlich und westlich von Johannesburg im ganzen auf 80 km streichende Länge bekannte Hauptflözgruppe (Main reef), welche zum Teil aus sechs Flözen besteht.

Da ihre Mächtigkeit und der Reichtum der Goldführung vielfachem Wechsel unterworfen ist und außerdem zahlreiche Verwerfungen auftreten, so ist die Identifizierung der einzelnen Flöze oft schwierig. Ihre Mächtigkeit steigt von mehreren Decimetern bis zu einigen Metern, ja es sind Fälle bekannt, in denen die Flözmächtigkeit zu 30 m anwuchs. Ebenso schwankend ist der Goldgehalt, der übrigens auch über die Mächtigkeit und im Streichen und Fallen desselben Flözes wechselt, er steigt von einigen Grammen bis über 100 g in der Tonne. Nach Schmeißer, dem ich bei der Schilderung des Goldbergbaues der Südafrikanischen Republik folge, betrug der mittlere Gehalt der geförderten Erze an Feingold in den Jahren 1892 und 1893 etwa 19 g, doch arbeiteten einzelne Gruben, deren Verhältnisse besonders günstige waren, noch bei einem Goldgehalte von 7,5 g mit einigem Nutzen. Die Gewinnung der Golderze erfolgte zunächst am Ausgehenden der Flöze mittels Tagebau (s. Abb. 192), dann ging man mit flachen Schächten auf den Flözen nieder, und beim Tieferwerden der Grube griff man auch hier zum System der lotrechten Schächte. Abb. 193 zeigt einen Schnitt durch die Hauptflözgruppe nach Schmeißer. Ebenso wie auf den Goldgängen waren bis zu Tiefen von 30 und 40 m die Schwefelkiese zersetzt, es war daher möglich, durch das einfache Pochen der Erze und gleichzeitige Amalgamation fast den ganzen Goldgehalt zu gewinnen. Die Pochtröge werden mit amalgamierten Kupferplatten ausgesetzt und die Trübe dann über Herde geleitet, die mit eben solchen Platten belegt sind (Abb. 194), das Amalgam wird von Zeit zu Zeit durch Abkratzen entfernt und das Gold durch Ausglühen gewonnen. Je weiter jedoch der Bergbaubetrieb in die Tiefe rückte, desto mehr fand sich das Gold an die Schwefelkiese gebunden, und die Rückstände von der Amalgamation wurden reicher und reicher. Man griff daher zu dem in Europa bereits seit 1848 bekannten Chlorinations- oder Plattnerprozeß zur Verarbeitung der Rückstände, auch erfanden im Jahre 1888 Mac Arthur und die Gebrüder Forrest die Goldextraktion mittels Cyankalium, welche inzwischen namentlich durch die deutsche Firma Siemens & Halske erheblich verbessert wurde. Beide Verfahren sind heute nebeneinander in Transvaal in Anwendung (vergl. Teil II dieses Bandes).



193. Profil durch die Hauptflözgruppe zu Johannesburg.

Von besonderer Wichtigkeit für die Weiterentwickelung des Bergbaues wurde die Eröffnung der Eisenbahnverbindung nach der Delagoabai an der Ostküste Ende des Jahres 1893 und die Weiterführung der Eisenbahn von Süden her von Port Elisabeth über Bloemfontein bis nach Johannesburg, welche im Jahre 1895 erfolgte. Auch das Vorkommen guter Steinkohlen in der Karrooformation südwestlich und namentlich auch



194. Pochwerk der May Consolidated Co. bei Johannesburg.



196. Seilscheibenstuhl des Hauptschachtes der May Consolidated Co. bei Johannesburg.

östlich von Johannesburg zu Bocksburg ist bei der immer mehr zunehmenden Tiefe der Gruben sehr wesentlich. Im Jahre 1893 wurden bereits erheblich mehr als 200000 t Kohle gefördert. In demselben Jahre betrug die größte Tiefe, bis zu der der Bergbau vorgedrungen war, etwa 150 m, Ende 1896 betrug die größte erreichte Tiefe etwa 300 m. Abb. 195 zeigt eine der neueren Schachtanlagen, ein Fördergerüst für einen flachen Schacht. Was die Zukunft des Goldbergbaues in Transvaal betrifft, so ist durch Tiefbohrung bis zu etwa 1000 m das Fortsetzen der Goldführung nachgewiesen worden; da die Wärmezunahme nach der Tiefe zu normal ist, auf je 30 m Tiefe etwa 1° C., auch die Wasserzugänge nicht stark sind, so dürfte der Bergbau die Tiefe von 1200 m recht gut erreichen können. Unter dieser Voraussetzung schätzt Schmeißer den gewinnbaren Goldvorrat in demjenigen Teile des Witwatersrand, der bis jetzt am besten bekannt ist und die größte Produktion geliefert hat — dieser Feldteil hat eine Erstreckung von etwa 18 km im Streichen — auf über 3 Millionen kg Gold im Werte von mehr als 7 Milliarden Mark. Setzt man voraus, daß die Produktion weiter in angenähert demselben Verhältnisse steigt, wie bisher, so dürften diese Feldflächen in etwa 40 Jahren abgebaut sein.

Die bisherige Produktion der Witwatersrand betrug:

1887	719	kg	Gold	im	Werte	von	1665000	Mk.	
1888	6474	„	„	„	„	„	14985000	„	
1889	11495	„	„	„	„	„	26608000	„	
1890	15391	„	„	„	„	„	35627000	„	
1891	22683	„	„	„	„	„	52507000	„	
1892	37663	„	„	„	„	„	87183000	„	
1893	45987	„	„	„	„	„	106450000	„	
1894	57509	„	„	„	„	„	152869000	„	
1895	63589	„	„	„	„	„	171975000	„	
1896	62934	„	„	„	„	„	167289000	„	
1897	87000	„	„	„	„	„	244860000	„	(schätzungsweise)

Die Werte werden übrigens etwas verschieden angegeben, da zum Teil nicht genaue statistische Angaben, sondern nur Schätzungen vorliegen und außerdem das gewonnene Gold aus Transvaal als Rohgold mit etwa 12 % fremden Beimengungen ausgeführt wird.

Wir können den Abschnitt über das Gold nicht schließen, ohne wenigstens ganz kurz auf die neuen im äußersten Westen gelegenen Goldfelder Kanadas am Klondike- und Yukonflusse hinzuweisen, die im Sommer 1896 entdeckt wurden. Trotz ihrer Lage im eisigen Norden, trotz des äußerst beschwerlichen Weges strömten bereits im Jahre 1897 eine große Anzahl wagemutiger Leute dorthin. Wie immer sind die Tageszeitungen voll von Berichten über großartige Erfolge, über die vielen Enttäuschungen gehen sie schnell hinweg. Das Gold findet sich hier meistens in älteren Seifen, es müssen ähnlich wie in Sibirien Schächte durch das Deckgebirge geteuft werden, um zu den goldführenden Schichten zu gelangen, diese sind also keineswegs leicht und ohne weiteres zu erreichen. Der Andrang von Menschen war im Jahre 1897 so groß und die Vorräte im dortigen Reviere so klein, daß bereits im Winter Mangel an Lebensmitteln eingetreten sein dürfte. Ein abschließendes Urteil über den wahren Wert der dortigen Goldfelder läßt sich zur Zeit noch nicht fällen.

Abbau von Platin und verwandten Metallen.

Platin kommt nur gediegen vor, es ist silberweiß; Rohplatin hat das hohe spezifische Gewicht 17—18, während reines verarbeitetes Platin in geschmolzenem Zustande 19,7 und gehämmert 20—21,3 wiegt. Selten ist Platin in Gesteinen, so am Ural in Serpentin, in Neugranada in Diorit eingewachsen, am häufigsten finden sich die losen Körnchen von eigenartig rauher Oberfläche im Seifengebirge an den beiden bereits genannten Örtlichkeiten. Die uralischen Platinseifen enthalten im großen Durchschnitt etwa 3½ g Platin in 1 t Gebirge. Das Platin fand in Rußland von 1828 ab einige Zeit lang Verwendung als Münzmetall, zur Zeit wird es wegen seiner hohen Widerstandskraft gegen

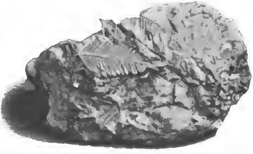
Säuren in der Form von Tiegeln, Schalen, Blech und Draht für mannigfache wissenschaftliche und industrielle Zwecke verwendet. Die gesamte russische Produktion an Rohplatin wird nach Deutschland ausgeführt und hier verarbeitet. Der Preis für Rohplatin betrug in letzter Zeit 300 Mk. für 1 kg, die Preise für verarbeitetes Platin haben in den letzten Jahren zwischen 1000 und 2000 Mk. für das Kilogramm geschwankt. Die russische Produktion von 4—5000 kg jährlich, die zum allergrößten Teile aus den der Familie Demidoff gehörigen Seifen von Nishnij-Tagilsk stammt, beherrscht den Weltmarkt, außerdem erzeugen Britisch-Kolumbien und Neusüdwales erst in neuerer Zeit kleinere Mengen. — Zusammen mit dem Platin kommen die ihm verwandten Metalle Palladium, Iridium, Rhodium, Ruthenium und Osmium in so geringen Mengen vor, daß sie bisher nur für rein wissenschaftliche Zwecke verwendet wurden.



196. Gediegen Silber, drahtförmig, von der Grube Himmelsfürst bei Freiberg. (1/2 d. natürl. Größe.)

Der Silberbergbau.

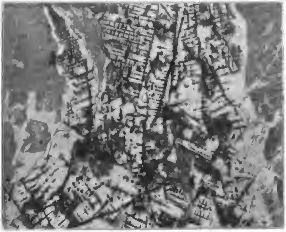
Die Silbererze sind außerordentlich mannigfaltig. Silber kommt an vielen Orten gediegen vor, es sind Fälle bekannt, in denen auf den Erzgängen Klumpen von mehreren Zentnern Gewicht gefunden wurden, so zu Kongsberg in Schweden, zu Freiberg und Schneeberg im Erzgebirge. Außerdem kommt gediegen Silber z. B. in den schon genannten Kongsberger Werken in Gruppen von Oktaedern krystallisiert vor, auch in Blechen und in Haar- und Drahtform tritt es häufig auf. Abb. 196 zeigt eine sehr schöne Stufe haarförmiges Silber von der Grube Himmelsfürst südlich von Freiberg. Auch gestrickt kommt das gediegene Silber vor, durch Aneinanderreihen von Krystallen entstehen baum- oder federähnliche Zeichnungen; derartige Krystallgruppen von Potosi in Bolivia werden durch Abb. 197 dargestellt. Übrigens ist das gediegene Silber selten rein weiß, vielmehr meistens grau oder gelblich angelaufen.



197. Gediegen Silber in Federform von Potosi in Bolivia.

Das reichste Silbererz ist das Glaserz, auch Silberglanz oder Argentit genannt, mit 87 % Silber und 13 % Schwefel, es kommt nicht selten auf den Silbererzgängen vor, ist dunkelgrau und unterscheidet sich von den anderen Silbererzen dadurch, daß es in sehr hohem Grade geschmeidig ist, sich also mit dem Messer in Späne schneiden läßt. Krystallgruppen, dem gestrickten Silber ähnlich, die durch ihre Form an kleine Tannenbäumchen erinnern, sind nicht gerade selten (vergl. Abb. 198). Unstreitig die schönsten Silbererze sind die Rotgültigerze, und zwar unterscheidet man das lichte Rotgültigerz, eine Schwefel-Arsenverbindung des Silbers, und das dunkle Rotgültigerz, die entsprechende Schwefel-Antimonverbindung. Die Bezeichnung Gültigerz findet sich übrigens, wie wir sehen werden, noch bei mehreren Erzen, das Wort hat mit Gold und gülden nichts zu thun, ist vielmehr von gelten, Wert haben, abzuleiten. Beide Erze kommen in prächtigen, durchsichtigen Krystallen vor; Abb. 199 gibt einen bolivianischen besonders

schönen Krystall von der berühmten Huanchaca-Grube in natürlicher Größe wieder. Reiche Stellen in den Silbererzgängen erscheinen oft blutrot durch das Auftreten der Rotgültigerze. In Deutschland wurde der letzte große Fund an Rotgültigerz zum Teil in herrlichen Krystallen im Jahre 1893 in Marienberg in Sachsen gemacht, es konnten damals die sämtlichen größeren Sammlungen mit ausgewählten Stücken versehen werden. Melanglanz, auch Sprödglaserz genannt, ist ebenfalls ein reiches, den Rotgültigerzen verwandtes, jedoch schwarzes Silbererz, es hat seinen Namen von dem griechischen „melas“ schwarz erhalten. Außer den Verbindungen des Silbers mit Schwefel, Arsen und Antimon kommen namentlich in den oberen Tiefen der Erzgänge Mineralien vor, in denen das Silber mit Chlor, Jod und Brom verbunden ist.



198 Silberglanz, gestrickt, eingewachsen in Braunspat von Freiberg.

Das wichtigste dieser Erze ist das Chlorsilber, auch Silberhornerz oder Chlorargyrit genannt, mit 75% Silber und 25% Chlor; es hat schönen Diamantglanz, ist geschmeidig und im natürlichen Zustande durchscheinend, von weißlicher Farbe, diese geht jedoch im Sonnenlichte sehr bald in Braun über, wie man dies auch an dem auf künstlichem Wege hergestellten, aus wässeriger Lösung in weißen Flocken gefällten Chlorsilber beobachten kann. Das natürliche Chlorsilber kam häufig in den mexikanischen und südamerikanischen Silbergruben vor; in Deutschland ist das Erz wohl in den obererzgebirgischen Bergrevieren zu Johanngeorgenstadt, Annaberg, Marienberg und Schneeberg in Sachsen in den bedeutendsten Mengen vorgekommen, so daß es zum Silberausbringen erheblich beitrug. Unter den Fahlerzen, welche bei den Kupfermineralien näher besprochen sind, finden sich solche von lichtgrauer Farbe und hohem Silbergehalt — bis 30% — sie werden als Weißgültigerz und Silberfahlerz unterschieden und kommen auf vielen Silbererzgängen, z. B. am Harz, bei Freiberg, in Ungarn vor, wie die übrigen Fahlerze krystallisieren die Weißgültigerze im Tetraëder und den diesem nahe stehenden Formen. In geringen Mengen enthalten viele andere Erze Silber, so die Kupfererze, Schwefelkies, Zinkblende, Arsenkies, auch die Nickel- und Kobalterze und namentlich der Bleiglanz; das Silberausbringen aus dem zuletzt genannten Minerale spielt sogar eine sehr bedeutende Rolle, trotzdem der Silbergehalt selten mehr als 0,2%, d. h. also 200 g im Doppelzentner Bleiglanz beträgt.



199. Krystall von lichtem Rotgültigerz.

Silbererze finden sich in der Natur sowohl auf eigentlichen Gängen als auch auf Lagern und stockförmigen Lagerstätten. Am häufigsten sind wohl die Gangvorkommen.

sie zeichnen sich durch eine außerordentliche Mannigfaltigkeit der auftretenden Mineralien aus, denn neben den genannten eigentlichen Silbererzen finden sich die sämtlichen Gangarten: Quarz, die Karbonspäte, Schwerspat und Flußspat, ja sogar die Zeolithe, letztere z. B. besonders schön zu Andreasberg. Dann aber brechen die später aufzuführenden Mineralien des Bleies, des Zinks und Kupfers, diejenigen des Arsens und Antimons auf den Silbergängen mit ein. Und zwar sowohl die Salze, zum Teil die Oxyde, als auch die Schwefel-Arsen-Antimonverbindungen der genannten Metalle. Es sind daher gerade die Bergbaue, welche auf Silbererzgängen betrieben werden, für den Mineralogen wahre Schatzkammern an schönen Krystallen. Als Beispiele für silberhaltige Lager seien hier kurz erwähnt der Rammelsberg bei Goslar, das Mansfelder Kupferschieferflöz, Broken Hill in Neusüdwales, als stockförmige Lagerstätten Laurium bei Athen und Leadville in Colorado.

Das Silber kommt in Seifen nicht vor, auf seinen Lagerstätten findet es sich im eisernen Hute als Chlor-, Jod- und Bromverbindung, diese Erze können sofort nach der Gewinnung durch Amalgamation leicht extrahiert werden, in den tieferen Teilen der Lagerstätten finden sich neben gediegen Silber die Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen, welche entweder verschmolzen oder nach vorhergehender chlorierender Röstung amalgamiert werden.

Eigentliche **Silbergruben**, d. h. solche, die ausschließlich oder als Hauptprodukt Silber liefern, gibt es in Europa kaum. Es kommt wohl vor, daß auf einzelnen Gängen (Andreasberg, Freiberg und Schneeberg in Sachsen) edle Silbererze, namentlich gediegen Silber, Rotgültigerz und Glaserz, zuweilen in größeren Mengen gewonnen werden, aber der Wert dieses Silbers ist im Vergleich zur ganzen Erzproduktion der Grube gering. In Europa wird die Hauptmasse des Silbers aus silberhaltigen Blei- und Kupfererzen dargestellt, sie enthalten alle nur geringe Mengen Silber, aber die hüttenmännische Trennung ist lohnend. So enthält der Bleiglanz von Freiberg in der Regel 0,08—0,2 % Silber, der von Clausthal 0,01—0,3 %, der von Pribram in Böhmen 0,3 %; in 1 t Kupfer von Mansfeld sind 5 kg Silber enthalten; selbst die geringen Silbermengen der spanischen Kupferkiese (vergl. S. 173) werden zur Zeit nutzbar gemacht. Daher versteht man unter Silberbergbau in Europa fast immer Bergbaubetrieb auf silberhaltige Blei- oder Kupfererze.

Von den berühmten deutschen Bergbauen wollen wir hier den Freiberger und den Oberharzer Bergbau besprechen, während der Mansfelder Kupferschieferbergbau bei der Kupfergewinnung eingehend berücksichtigt werden wird. Dann werden wir einen kurzen Blick auf die Silbergewinnung der anderen Weltteile werfen. In Nordamerika und in Australien arbeiten viele Gruben auf silberhaltige Blei- und Kupfererze, es gibt jedoch, besonders in Mexiko und Südamerika (Peru und Bolivia), viele Gruben, die als **Silbergruben** im eigentlichen Sinne des Wortes bezeichnet werden können, da in denselben nur Silber gewonnen wird.

Als einer der allerbedeutendsten Mittelpunkte bergmännischen Lebens und die älteste weit berühmte Pflegstätte bergmännischen Wissens ist **Freiberg in Sachsen** zu nennen. Der Bergbau begann daselbst, wahrscheinlich durch eingewanderte Harzer Bergleute ins Leben gerufen, um 1168 unter Markgraf Otto von Meißen, dem die Geschichte den Beinamen des Reichen gegeben hat. Vor kurzem ist ein Denkmal dieses Fürsten, des Gründers Freibergs, auf dem Marktplatze der Stadt enthüllt worden. Nach Ermisch, dem verdienstvollen Herausgeber des Urkundenbuches der Stadt Freiberg, dem gründlichsten Kenner der ältesten Geschichte der Grafschaft Meißen, wurde der erste Bergbaubetrieb im sächsischen Erzgebirge zu Freiberg ins Leben gerufen, und es ist unglaubhaft, daß, wie einzelne Chronisten behaupten, nördlich von Freiberg bei Roßwein, Mittweida und Frankenberg schon früher Bergbau betrieben wurde, vielmehr dürfte auch der Bergbau dieser Städte, wie später derjenige des oberen Erzgebirges von Freiberg aus ins Leben gerufen worden sein. So begann 1496 der Silberbergbau zu Annaberg, 1470 zu Schneeberg, 1521 zu Marienberg unter Heinrich dem Frommen.

Der junge Bergbau, dem bald große Mengen von Bergleuten zuströmten, gewann schnell an Bedeutung und erfreute sich des Schutzes und der Unterstützung der Landes-

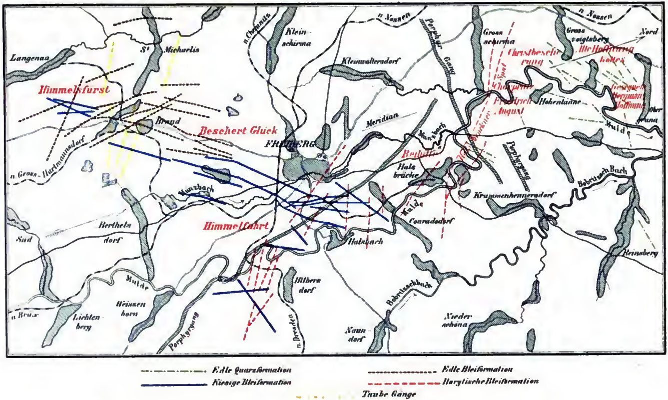
fürsten. Am besten wird dies dadurch bestätigt, daß das Freiberger Bergrecht, welches sich als Gewohnheitsrecht — wohl in Anlehnung an das gleichalterige Bergrecht von Iglau in Mähren — entwickelte, mit diesem zusammen die älteste Grundlage des gemeinen deutschen Bergrechtes wurde. Mit Ende des 14. Jahrhunderts folgte eine Zeit des Verfalles, da die damaligen Hilfsmittel für die Fortsetzung des Betriebes in größeren Tiefen nicht ausreichten und außerdem die Einfälle der Hussiten und das Auftreten der Pest im Erzgebirge die Weiterentwickelung hemmten.

Regere Beachtung wurde dem Freiberger Bergbau erst wieder zu teil, als mit Beginn des 16. Jahrhunderts neuer Unternehmungsgeist die Alte Welt erfüllte und auf vielen Gebieten durchgreifende Neuerungen zeitigte; inzwischen hatten auch die technischen Hilfsmittel wichtige Verbesserungen aufzuweisen. Doch wie für ganz Deutschland brachte der Dreißigjährige Krieg auch für den Freiberger Bergbau schwere Heimsuchungen, nachdem schon vorher das Herüberströmen gewaltiger Mengen von Edelmetall aus der Neuen Welt dem gesamten Bergbau Europas empfindliche Wunden geschlagen hatte. Gruben und Hütten gerieten zum zweitenmal mehr und mehr in Verfall. Erst sehr allmählich wurde der Freiberger Bergbau dadurch wieder in den Vordergrund des Interesses gerückt, daß im südlichen Teile des Revieres, im Felde der späteren Grube Himmelsfürst südwestlich von dem heutigen Städtchen Brand bedeutende Anbrüche reicher Erze gemacht wurden. Die Gründung der Bergakademie Freiberg im Jahre 1766 und der Bergschule im Jahre 1776 waren eine Folge dieser neuen Blütezeit; die Pflege bergmännischen Wissens wirkte aber anderseits anregend auf den Bergbau- und Hüttenbetrieb zurück.

Das Eindringen des Bergbaues in immer größere Tiefen, welches die Aufwendung vieler Maschinenkräfte zum Zwecke der Wasserhebung erheischte, hatte schon frühzeitig zur Schaffung weit ausgedehnter Anlagen für die Versorgung von Kraftwasser gedrängt. Die Ausnutzung derselben wurde durch die Fertigstellung des tiefen Rothschönberger Stollens im Jahre 1877 zwar erleichtert, aber bald machten sich die Folgen des beständigen Sinkens des Silberpreises in der Höhe des Ausbringens fühlbar, und um den Fortbestand des Bergbaues zu sichern, kaufte im Jahre 1886 der sächsische Staat die wichtigsten Gruben, deren Belegschaft damals 5000 Mann betrug von den Gewerkschaften. Seitdem hat der Bergbau an mehreren Punkten die Gänge fast bis zu 700 m Tiefe erzführend angetroffen, und bedeutende maschinelle Anlagen mit Dampfbetrieb für die Förderung, die Fahrung der Mannschaft und die Wasserhebung sind ausgeführt worden. So ist denn zu hoffen, daß der Betrieb an der Wiege des sächsischen Bergbaues, von wo derselbe sich über das ganze Erzgebirge verbreitet hat, von wo in den letzten 130 Jahren wissenschaftlich gebildete Bergleute in alle Reviere der Erde ausgezogen sind, auch fernerhin mit Beihilfe des Staates weiter fortgeführt werden wird.

Das Gebirge in der Umgebung Freibergs besteht aus Gneis, jenem typischen krystallinischen Schiefergestein, dessen Gemengteile Quarz, Feldspat und Glimmer wenigstens im großen eine parallele Anordnung erkennen lassen. Nach der verschiedenen Natur des Feldspates und Glimmers werden mehrere Abarten unterschieden, unter denen der graue Gneis am verbreitetsten und für die Erzführung am wichtigsten ist. Die Erzgänge (vgl. nebenstehende Tafel) setzen in großer Zahl auf, eigentümlicherweise ist auf verhältnismäßig engem Raume die Erzführung sehr verschiedenartig, man unterscheidet danach vier eigentümliche Gangfüllungen oder Formationen, deren Hauptvertreter auf der Tafel eingetragen und durch besondere Darstellung hervorgehoben sind.

Namentlich nördlich von Freiberg tritt eine Gruppe von Gängen auf, welche nach ihrer Mineralführung den Namen der Edlen Quarzformation erhalten hat. Zur Zeit werden die wichtigsten derselben in der Nähe der Ortschaften Obergruna und Großvoigtsberg durch die Gruben Christbescherung, Alte Hoffnung Gottes und Gesegnete Bergmanns Hoffnung abgebaut. Die Gangfüllung besteht aus edlen Silbererzen, dazu Schwefelkies, Zinkblende und Bleiglanz in der Regel fein eingesprengt in Quarz, außer dem Bleiglanz (bis 1 %) sind auch die Zinkblende (bis 0,5 %) und der Schwefelkies (bis 0,3 %) silberhaltig.



Übersichtskarte der wichtigsten Erzgänge und Gruben in der Umgebung von Freiberg.

Nach H. Müller.

Die Hauptgänge der kiesigen Bleiformation bilden einen ausgesprochenen Gangzug, welcher nordöstlich von Freiberg im Felde der Grube Himmelfahrt beginnt und sich in südwestlicher Richtung durch das Feld von Beschert Glück bis in das Grubenfeld von Himmelsfürst südlich von Brand erstreckt. Neben Quarz kommen als Erze Bleiglanz mit 0,1—0,3% Silbergehalt, Schwefelkies und Zinkblende, zuweilen auch Kupferkies und Arsenkies vor. Der Silbergehalt der Kiese und der Blende ist sehr gering. Diesen Gängen entstammt die größte Menge silberhaltiger Bleierze, welche das Freiberger Bergrevier liefert.

Ausschließlich im Süden von Freiberg, in der unmittelbaren Umgebung des Bergstädtchens Brand setzen die Gänge der edlen Bleiformation, auch Braunspatformation genannt, auf, neben Quarz walten Braunspat und Manganspat als Gangarten vor, die Erze bestehen außer Bleiglanz namentlich aus edlen Silbererzen und silberreichen Fahlerzen; treten Zinkblende und Schwefelkies mit auf, so sind auch sie silberreich. Die großen Silberlieferungen der Gruben Beschert Glück und Himmelsfürst beruhen vorwiegend auf dem Abbau dieser Gänge, welche zuweilen Gediegen Silber in kleineren und größeren Klumpen enthalten.

Während die Gänge der drei genannten Formationen nur die geringe mittlere Mächtigkeit von etwa 0,5 m haben, sind die Gänge der barytischen Bleiformation bis zu Mächtigkeiten von 2 und 4 m entwickelt. Sie führen als Gangarten außer Quarz vollständig abweichend von den übrigen Gängen Schwerspat und Flußspat, an Erzen treten in der Hauptsache nur Bleiglanz mit verhältnismäßig niedrigem Silbergehalte (bis 0,08%) und Schwefelkies auf. Diese Formation ist im Nordosten von Freiberg ausgebildet, die Gänge streichen NW—SO, die Ausfüllung ist meistens lagenförmig angeordnet. Ihr Hauptvertreter ist der Halsbrückner Spatgang, auf ihm bauen zur Zeit die Gruben Beihilfe und Kurprinz Friedrich August, es ist seiner Ausdehnung nach der bedeutendste Gang des ganzen Revieres, da er auf mehr als 8 km Länge bekannt ist; übrigens führt er an einigen Stellen einen quarzigen Gangteil mit silberreichem Bleiglanz. Die im Felde der Grube Himmelfahrt aufsetzenden Gänge dieser Formation enthalten selbst nur wenig Erz, dagegen sind sie dadurch berühmt geworden, daß auf ihren Kreuzen mit den Gängen der kiesigen Bleiformation zuweilen edle Silbererze in solchen Mengen angetroffen wurden, daß 1 qm der Gangfläche einige Tausend Mark Silberwert hatte.

Übrigens sind außer den beschriebenen Gangformationen noch einige andere von geringerer Bedeutung vertreten; es gibt auch sogenannte taube Gänge, die keine Erze liefern, deren Spalten nur mit Quarz oder zersetztem Gestein erfüllt sind. Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen wird noch dadurch vermehrt, daß auch Porphyrgänge im Freiberger Revier aufsetzen, echte Gesteinsgänge, wahrscheinlich Ausläufer jener bedeutenden Porphyrstöcke, die im benachbarten Tharandter Walde in großer Ausdehnung bekannt sind. Auf der Karte sind auch diese eingetragen.

Von der Ausdehnung der bergmännischen Baue geben die folgenden Zahlen das beste Bild: Es sind überhaupt mehr als 1000 erzführende Gänge durch den Bergbau bekannt geworden, und wenn auch zur Zeit nur die erzreichsten abgebaut und weiter untersucht werden können, so findet doch noch auf mehr als 200 Gängen Betrieb statt. Dementsprechend ist auch die Anzahl der Hauptschächte, von denen die neueren ausschließlich lotrechte Schächte sind, eine sehr erhebliche. Abb. 200 zeigt die nördlichen Schächte der Grube Himmelfahrt, im Vordergrunde einen der ältesten und tiefsten, den Abrahamschacht. Abb. 201 zeigt die neue Aufbereitung (Zentralwäsche) derselben Grube, im Hintergrunde den David-Richtschacht. Die Wäsche ist nach den neuesten Erfahrungen eingerichtet, und es können darin innerhalb 10 Stunden 120 t Erze aufbereitet werden. Nach H. Müller möge hier auch das Ausbringen einiger der wichtigsten Freiberger Gruben angegeben werden: So betrug der Wert der Erzlieferung der Grube Himmelsfürst in der Zeit von 1710—1890 in derzeitige Währung umgerechnet 66 800 000 Mark, davon wurden im ganzen erheblich über 9 Millionen Mark als Betriebsgewinn u. s. w. an die Gewerken bezahlt. Alte Hoffnung Gottes Fundgrube



Reiche Zeche. Zentralwäsche. David-Richtschacht.

200. Der Abrahamschacht der Königlichen Grube Himmelfahrt bei Freiberg von Süden aus gesehen.
Nach Aufnahme von H. Müller, Freiberg.

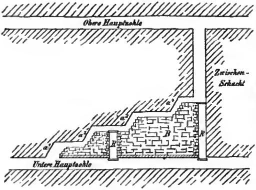


201. Zentralwäsche und David-Richtschacht der Königlichen Grube Himmelfahrt bei Freiberg von Süden aus gesehen.
Nach Aufnahme von H. Müller, Freiberg.

zu Kleinvoigtsberg, woselbst der Betrieb im Jahre 1741 aufgenommen wurde, hat in der Zeit bis zum Jahre 1890 fast 16 Millionen Mark Erzbezahlung aufzuweisen, wovon als Betriebsüberschuß fast 3 Millionen Mark an die Gewerken verteilt werden konnten. Die Grube **Himmelfahrt** hat in den Jahren 1752—1890 im ganzen für 67 Millionen Mark Erze ausgebracht und verteilte hiervon und von sonstigen Einkünften mehr als $11\frac{1}{2}$ Millionen Mark an die Gewerken. Ein einziger Erzgang, der **Erzengel**, lieferte für mehr als 11 Millionen Mark Erz, davon den allergrößten Anteil in der Form von silberhaltigem Bleiglanz.

Der Wert des gesamten durch den Freiberger Bergbau seit seiner Entstehung bis zum Jahre 1890 ausgebrachten Silbers wird auf 880 Millionen Mark geschätzt, während der Wert der übrigen Produkte wegen mangelhafter Nachrichten aus den früheren Jahrhunderten auch nicht angenähert geschätzt werden kann.

Der Bergbau beschäftigte im Jahre 1895 fast 300 Beamte und etwa 4750 Arbeiter, es wurden im genannten Jahre 14460 m Strecken getrieben, 1900 m in Haupt- und Zwischenschächten abgeteuft und im ganzen über 100000 qm Gangfläche abgebaut. Hiervon sind 267000 metrische Zentner Erz an die Hütten geliefert worden, die eine Bezahlung von $2\frac{3}{4}$ Millionen Mark ergaben, allerdings war zur Fortführung des Betriebes außerdem noch ein erheblicher Zuschuß aus der Staatskasse erforderlich.



202. Firstenbau.

Die Verhältnisse auf den Freiberger Gruben sind für steil einfallende Gänge von geringer Mächtigkeit überhaupt charakteristisch, es soll daher hier Gelegenheit genommen werden diesen Betrieb kurz zu beschreiben. In älterer Zeit, als die Ausdehnung der Grubenfelder noch klein war, und die meisten Gruben nur auf **einem** Gange bauten, ging man auf diesem mit einem flachen Schachte in die Tiefe, fallsnicht etwadie Gestaltung der Oberfläche die Anlage eines Stollens gestatiete. Bis in das 19. Jahrhundert gab es viele derartige Betriebe. Dann aber erforderte das Eindringen in immer gößere Tiefen und namentlich die Kostspieligkeit jeder Schachtanlage die Vereinigung ausgedehnteren Grubenbesitzes in einer Hand; mit der Steigerung der Produktion und der Erleichterung der Gesteinsarbeit durch Anwendung der brisanten Sprengmittel und der maschinellen Bohrarbeit entstanden allmählich die heutigen Schachtanlagen, lotrechte Schächte, von denen mehrere Erzgänge durch Querschläge angefahren und dann die Hauptsohlen (Gezengstrecken) in senkrechtem Abstande von gewöhnlich 40 m auf weite Entfernung zur Aufsuchung der Erzmittel aufgefahren werden. Zur Herstellung des Wetterzuges und Einleitung des Abbaues wird dann zwischen zwei Hauptsohlen die Verbindung durch einen Zwischenschacht hergestellt, und zwar legt man denselben, wenn irgend thunlich. in einem Erzmittel an. Nunmehr beginnt der Abbau, die angewendete Methode wird Firstenbau genannt und ist durch Abb. 202 verdeutlicht. Vom Zwischenschacht aus nimmt man den Gang nach und nach in Streifen, **Firstenstöße** oder Stöße genannt, von etwa 4 m Höhe heraus. Ist der erste ein Stück vorgerückt, so beginnt man mit einem zweiten u. s. w., so daß der Abbau beim Beginn der Arbeit am 4. Streifen die gezeichnete Gestalt hat, an den Punkten a wird gearbeitet. Da nun die Erzfüllung der Gänge in der Regel nur schmal ist, in günstigen Fällen 0,5 bis 1,0 m, an Weite des Baues aber etwa 1,5 m erfordert werden, so muß Gestein neben dem Gange (Berg oder Berge) mit geschossen

werden. Um die Berge nicht zu fördern, versetzt man sie, soweit das möglich ist, in den abgebauten Räumen, die Strecke bleibt jedoch offen. Man schafft daher in der Firste durch Mauerung, Zimmerung oder Eisenausbau eine feste Unterlage und häuft nun die Berge (B in der Abb. 202) so hoch auf, daß der Verkehr noch möglich ist. Einen Blick in den Firstenbau zeigt Abb. 203, die Beamten leuchten das Erz im Gange an, während die Häuer beim Auslesen des bereits hereingeschossenen Erzes beschäftigt sind. Im Hintergrunde bohrt ein Arbeiter ein Sprengloch. Den Aufstieg in den Firstenbau von der Strecke aus hat Heuchler in einer anschaulichen Skizze (Abb. 204) dargestellt. Es ist wohl ein älterer Abbau, denn das vorderste Holz ist angebrochen und muß durch ein neues ersetzt werden. Der Zimmersteiger gibt den Zimmerlingen hierzu die nötigen Weisungen.

An den Arbeitsorten werden einfache Treppen aus größeren Gesteinsstücken hergestellt, auf diesen oder auf eingelegten Spreizen stehen die Arbeiter beim Bohren der Sprenglöcher (Abb. 205). Um das Erz bequem bis auf die Gezeugstrecke zu fördern, werden



203. Ein Firstenbau. Nach Heuchlers Werk „Die Bergknappen".

im Bergeversatze enge Schächtchen durch Aufführen zweier Mauern ausgespart, sie heißen Rollen (R in der Abb. 202), da in ihnen das Erz bei nicht zu flacher Lage des Ganges abwärts rollt. Unten sind sie bis auf eine mit Schieber versehene Öffnung geschlossen. Soll die Förderung zum Schachte erfolgen, so wird ein Hund untergefahren, und es rollen nach Öffnung des Schiebers die Erze von selbst hinein. Zur Beförderung der Hunde auf den Strecken werden vielfach Pferde benutzt, 6—8 Hunde werden hierbei zu einem Zuge zusammengehängt. Die neueren Schächte sind so geräumig, daß je ein Pferd in einem entsprechend großen Kasten stehend mittels der Fördermaschine bis auf die betreffende Sohle befördert werden kann. In alten engen Schächten dagegen, deren Förderabteilung oft nur 1 qm Querschnitt hat, müssen die Pferde in Hängegurte fest eingeschnallt eingehängt werden (Abb. 206, S. 158), eine recht umständliche Arbeit. Sie sind in unterirdischen Stallungen untergebracht und bleiben meistens so lange in der Grube, als sie diensttauglich sind. — Die Förderung der Erze im Schachte geschieht fast überall in den Hunden auf Förderstellen; vor der Ablieferung an die Hütte muß noch die Konzentration oder Aufbereitung der Erze folgen (s. Schluß dieses Abschnittes S. 199).

Der Oberharzer Bergbau. Das wichtigste Ganggebiet des Harzes, im nordwestlichen Teile des Gebirges, im sogenannten Oberharze, gelegen erstreckt sich, wie aus der Karte ersichtlich, über einen großen Flächenraum; hier liegen die alten Bergstädte Clausthal, Zellerfeld, Grund, Lautenthal u. a. Die Gänge setzen in den Schichten des Kulm auf, einzelne sind auch im Devon beobachtet worden, sie verwerfen zum Teil die Gebirgsschichten, die Erzgänge sind also zu gleicher Zeit Verwerfungen; sie folgen der Hauptrichtung NW—SO und fallen nach SW ein. Im Streichen sind die einzelnen Gänge über 8—10 km verfolgt worden, die Mächtigkeit der Erzmittel beträgt oft mehrere Meter, ja auf dem Lautenthaler Hauptgange finden sich Erzmittel bis zu 20 m Mächtigkeit. Abweichend von den Freiberger Erzgängen sind die Oberharzer nicht einfache, sondern zusammengesetzte Gänge, d. h. jeder Gang besteht aus einer größeren Zahl von wiederausgefüllten Gesteinsspalten, die im allgemeinen parallel verlaufen, zwischen denen jedoch schwache Gesteinsschalen liegen. Gewöhnlich ist nur das Liegende scharf ausgeprägt, während der Gang im Hangenden als zerklüftete Gesteinszone allmählich in festes Gestein übergeht. Rechnet man die ganze zerklüftete Gesteinspartie einschließlich der darinliegenden Gesteinsmassen als Gangmächtigkeit, so beträgt dieselbe zuweilen bis 40 m. Die Erzführung der Gänge besteht aus Bleiglanz, mit 0,01—0,3% Silbergehalt, und brauner Zinkblende, untergeordnet tritt Kupferkies auf. Von Gangarten gibt es außer Quarz, Kalkspat. Der Bergbau hat im Kaiser Wilhelmschachte 865 m Tiefe erreicht. Außer den Gängen tritt eine Anzahl von Verwerfungen mit der Streichrichtung SW—NO auf, sie werden Ruscheln genannt und sind in der Karte als gestrichelte Linien eingetragen, während die starken ausgezogenen Linien die Erzgänge darstellen.



204. Firstenkasten. Nach Heuchler.

Die Eigenart des Oberharzer Bergbaues ist dadurch bedingt, daß das Gebirge häufig wenig standfest ist und daher starker Ausbau nötig wird, auch macht die große Mächtigkeit der Erzmittel manche Abweichungen vom gewöhnlichen Firstenbau, wie er in Freiberg angewendet wird, nötig. Auf den Gängen der unmittelbaren Umgebung von Clausthal-Zellerfeld sind die betreffenden Teile des Ernst-August-Stollens durch Anstauen des Wassers zur Kahnförderung eingerichtet, in den Hauptschächten werden die Erze nur etwas über das Niveau dieses Stollens gehoben und dort in große Sammelräume entleert, aus diesen können sie bequem in die Schiffe verladen werden. Jedes derselben ist 10,2 m lang und enthält vier eiserne Kästen von je 0,8 Raummeter Inhalt. Die gesamte Erzförderung wird auf diese Weise unter Tage am Ottiliäschachte vereinigt, in diesem werden die Erzkasten direkt aus den Schiffen zu Tage gehoben und die Erze der in unmittelbarer Nähe befindlichen Zentralaufbereitung zugeführt. Die Förderung des Oberharzes betrug im Jahre 1894—95 174000 t Roherz, woraus durch die Aufbereitung 12300 t Bleierze, 12160 t Blende und 307 t Kupferkies gewonnen wurden, die Zahl der Bergarbeiter belief sich auf 3300 Mann. (Nach: „Das Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes", 1895.)

Betrachten wir den südamerikanischen Silberbergbau und seine eigenartigen Existenzbedingungen etwas eingehender. Es kommen hauptsächlich Peru und Bolivia in



205. Firstenstoß auf dem Heligtrost Stehenden b. Elisabeth (Freiberg i. S.)
Nach Börner, „Der Erzbergmann in seinem Beruf.“ Verlag von Craz u. Gerlach, Freiberg.

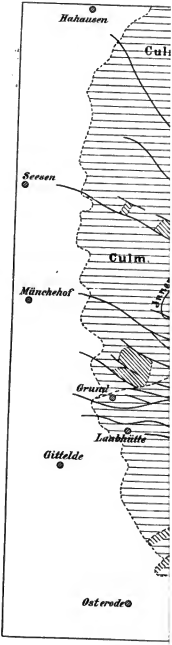
Frage, deren Reichtum seit ihrer Entdeckung sprichwörtlich wurde. Ursprünglich durch die Ausbeute an Edelmetallen, später durch die Gewinnung des Guanos und Salpeters, wurde die ganze Welt diesen Ländern tributpflichtig. Leider haben die politischen Unruhen der letzten Jahrzehnte das gesamte Erwerbsleben und auch den Bergbau schwer geschädigt, auch machte sich das Sinken des Silberpreises stark fühlbar, aber sicherlich birgt der Boden Perus und Bolivias noch viele Schätze, und es bedarf nur geordneter politischer Zustände, um den Bergbaubetrieb wieder zu beleben.

Die Silbergruben liegen fast sämtlich auf der hohen Kordillere in etwa 4000 m, ja einzelne bis zu 5000 m Seehöhe. Trotz des rauhen Klimas sind hier volkreiche Städte durch den Bergbau erstanden, es sei z. B. erinnert an Potosi in Bolivia auf 4000 m Höhe, die Gruben liegen am Cerro de Potosi bis zu 5000 m hoch, die Stadt soll einst 160000 Einwohner gezählt haben. In der Zeit von 1545—1802 hat die Silberproduktion der Gruben 5400 Millionen Mark betragen. Gleich guten Klang hat der Name Cerro de Pasco im mittleren Peru auf 4300 m Höhe, etwas nördlich von dem großen See Chinchaycocha gelegen. Von der Stadt steigt man noch 350 m zu den Gruben hinauf. An beiden Orten ist die Silbergewinnung in den letzten Jahrzehnten wesentlich zurückgegangen, und die Einwohnerzahl ist bis auf einige Tausend gesunken



106. Hinablassen der Pferde in den Schacht.

Die Verbindung der Grubendistrikte auf der peruanischen und bolivianischen Kordillere mit der Küste wird nur an wenigen Orten durch Eisenbahnen vermittelt, bei deren Bau allerdings der Steilabfall des Hochgebirges mit seinen tiefen Thälern und den schroffen Felsgehängen außerordentliche technische Schwierigkeiten bereitete. Die Unternehmungslust und Thatkraft der Ingenieure, welche diese Verkehrswege mitten in unwirtlichen dünnbevölkerten Gebieten ins Leben rief, verdient unsere aufrichtigste Bewunderung. So führt in Peru die Oroyabahn vom Hafen Callao und der Hauptstadt Lima im Rimacthale aufwärts. Sie hat den stolzen Namen Transandine Bahn, da sie nach dem ursprünglichen Plane die westliche Kette der Kordillere überschreiten und dann auf der Hochebene bis nach Cerro de Pasco fortgeführt werden sollte. Der Bau ist jedoch nicht vollendet worden, der Schienenweg führte lange Jahre nur bis nach Chicla, noch am Westabhang der Kordillere gelegen, erst seit kurzem überschreitet die Bahn den Kamm des Hochgebirges und führt bis nach Oroya. Nahe dem Endpunkte der Bahn liegt der reiche Grubendistrikt von Morococha und Jault.



Geologisch

ıg
:r=

bo
ın.
ħn
es
ıte
ıt=
er
ın
n,
ıu
en
ſi.
en
ıb
le
ie
ch
en
ſo

ħe
ın
r=
ıß
lıt
ie
ı=
ıe
a
b,
r=
ie
m
ıs
n
n
ıf
n

ie
ır
r
r
r
n
n
s
=
b
=
n

Frage
die A
wurd
der le
auch
Boden
Zustä

einzel



reitet
mitte
Bew
Lim
sie n
dann
ist je
Chic
Bahr
Bahn

Im Norden verbindet eine Bahn den Hafenort Chimbote mit Huaraz nnd Recuay in der Höhe von über 3000 m; die Erzgänge dieser Gegend führen hauptsächlich silberhaltige Fahlerze, seltener Bleierze.

Im südlichen Peru endlich übersteigt eine Bahn von den Hafenorten Islay und Mollendo beginnend, an Arequipa vorüberführend, die westliche Kordillere und teilt sich dann. Die südliche Zweigbahn führt bis nach Puno am Titicacasee, nordwärts ist die Bahn fortgesetzt, ohne jedoch das Ziel des Bahnbaues, die alte Hauptstadt des Inkareiches Cuzco zu erreichen. Auf dem Titicacasee in 3850 m Seehöhe vermitteln Dampfboote den Verkehr und kürzen von dieser Seite die Entfernung bis nach La Paz, der Hauptstadt Bolivias, wohin man vom Südende des Sees mittels Postkutsche gelangt. Der südwestliche Teil der bolivianischen Hochebene ist durch eine Bahn von Antofagasta an der chilenischen Küste, die bis nach Oruro, Corocoro und La Paz, 4000 m hoch gelegen, fortgesetzt ist, erschlossen. In der Nähe dieser Linie liegt das durch seinen Kupferbergbau berühmte Caracoles. Über den durch sehr bedeutende Silberproduktion bekannten Bergort Huanchaca in 4700 m Seehöhe führt eine Zweigbahn östlich bis nach Potosi. Wenn man noch dazu rechnet, daß das südliche Bolivia durch die argentinischen Bahnen dem Verkehr näher gerückt ist, da diese bis in die nordwestlichen Provinzen Salta und Jujuy fortgeführt sind und bereits Höhen von 3000 m erstiegen haben, so sind alle für die hohe Kordillere Perus und Bolivias benutzbaren Schienenwege aufgeführt, die übrigen bleiben vollständig in der Küstenebene des Stillen Ozeans. Daraus ergibt sich aber, daß noch sehr viele und weite Landstrecken auf den Verkehr mit Last- und Reittieren auf Saumpfaden von der Küste her angewiesen sind; Fahrwege sind im Hochgebirge so gut wie unbekannt.

Betrachten wir als Beispiel das auch heute noch ertragreiche Bergrevier in der Nähe der Provinzialhauptstadt Castrovirreyna in Mittelperu, etwa 100 km südwestlich von der Departementshauptstadt Huancavelica. Letztere war durch ihren im 18. Jahrhundert sehr bedeutenden Quecksilberbergbau für die Amalgamation der Silbererze in ganz Amerika außerordentlich wichtig. Die Gruben der Provinz Castrovirreyna liegen in Höhen bis zu 4800 m und sind entweder von der Hafenstadt Pisco, welche durch die bis etwa zum Jahre 1870 dauernde Guanogewinnung auf den davorgelagerten Chinchainseln bekannt ist, in vier Tagen auf Reittieren zu erreichen, oder man benutzt die kurze Bahnstrecke, welche durch die Sandwüste der Küste bis zur Departementshauptstadt Ica (2 Stunden Fahrzeit) führt, nnd erklimmt dann, dem hier mündenden Hauptthale folgend, auf etwas kürzerem Wege die Hochfläche der Kordillere. Pisco und Ica liegen an Wasserläufen, welche durch die auf der Kordillere fallenden Niederschläge gespeist werden; die Wassermengen wechseln zwar im Jahre erheblich, reichen aber doch aus, um in dem heißen Klima durch künstliche Bewässerung lohnenden Ackerbau zu ermöglichen. Es regnet nämlich an der Küste fast gar nicht, auch die zuzeiten häufigen Seenebel geben nur wenig Feuchtigkeit ab, so daß die Feldfrüchte auf künstliche Bewässerung angewiesen sind. Die Wassergräben bilden oft eine scharfe Grenze zwischen üppiger Vegetation auf den unterhalb gelegenen Feldern und abschreckender Öde an den höher hinaufsteigenden Thalgehängen, welche das befruchtende Naß entbehren.

In den Städten finden sich bedeutende Geschäftshäuser und Agenturen, welche die Einfuhr von Waren für den Bedarf der Küste und des Gebirges, anderseits die Ausfuhr der Landesprodukte vermitteln. Hierbei spielt naturgemäß neben der Landwirtschaft der Bergbau eine große Rolle, denn außer dem Ackerbau mit seinen Nebenbetrieben, der Viehzucht, dem Weinbau, der Branntweinbrennerei und der Zuckerdarstellung kennt dieser Teil Perus keine Industrie. Die Küste liefert außer den schon genannten Produkten Baumwolle, Mais und alle Früchte der heißen Zone, auch Speisesalz wird aus kleinen Landseen gewonnen; dazu kommen die Erzeugnisse der mittleren Höhenlagen des Gebirges bis zu 3500 m, nämlich Weizen, Gerste und Kartoffeln. Saftige Weiden für die Reit- und Lasttiere nnd das im Gebirge besser als an der Küste gedeihende Schlachtvieh sind hier überall zu finden, wo genügendes Wasser vorhanden ist. Um die Zahl der Erzeugnisse Perus zu vervollständigen, muß auch noch des Ostabhanges der Kordillere (Montaña

der Peruaner) gedacht werden, der sich zu den Quellflüssen des Amazonenstromes allmählich niedersenkt und in dem feuchten tropischen Klima Kakao, Kaffee und vor allem die Koka erzeugt. Dieses sind die nach einem eigenartigen Gärungsprozesse getrockneten Blätter eines Strauches, welche das in neuerer Zeit auch in Europa geschätzte Kokain enthalten. Die Indios im Gebirge kauen diese Blätter beständig, sie dienen als Anregungsmittel und sind ihnen so unentbehrlich, wie dem Raucher die Zigarre. In den weiten Hochebenen der Kordillere, den **Punas**, in 4000 m und mehr Seehöhe, in den eigentlichen Bergbaurevieren ist Ackerbau nicht mehr möglich, bei der spärlichen Weide gedeihen die eingeborenen Lamas und Alpakas und die eingeführten Schafe, die von den Indianern in großen Herden gehalten werden. Schafe und Alpakas liefern außer dem Fleisch auch gute Wolle, diejenige des Lamas wird wenig geschätzt, dagegen ist letzteres als Lasttier — es trägt etwa 50 kg und macht Tagereisen von etwa 30 km — für das Gebirge ungemein wichtig, es ist äußerst genügsam und gestattet die billigste Beförderung. Esel und Maultiere, welche in den niedriger gelegenen Gegenden in großer Zahl gezüchtet werden, sind ebenfalls wertvolle Lasttiere, und zwar trägt ein Esel etwa 100, ein Maultier etwa 150 kg, die Ladung besteht zweckmäßig aus zwei gleichschweren Hälften. Lasten, z. B. Maschinenteile, von 150, selbst 175 kg lassen sich auf starken Tieren und durch geschickte Maultiertreiber zwar noch fortbringen, aber doch schon mit gewissen Schwierigkeiten und bei erhöhten Preisen für die Fracht. Esel und Maultiere legen größere Wegstrecken zurück als die Lamas, je nach den Wegverhältnissen täglich bis zu 40 und 50 km, aber die Frachtsätze sind erheblich höhere als bei der Beförderung auf Lamas. Sollen Stücke von über 175 kg Gewicht befördert werden, was nur ganz ausnahmsweise geschieht, so werden dieselben mittels angeschnürter Tragstangen von 8, selbst von 12 Mann getragen. Da ein öfteres Abwechseln der Träger stattfinden muß, so ist zu einem derartigen Transport ein Trupp Indios von 24—36 Mann unter einem Aufseher erforderlich. Sie legen täglich mit der Last 20—30 km zurück. Auch Balken von größerer Länge werden durch Menschen befördert, ein Maultier ladet nur 2,5 m lange Gegenstände.

Viele Bedürfnisse müssen aus dem Auslande eingeführt werden, es findet daher ein sehr lebhafter Verkehr zwischen der Küste und dem Gebirge statt.

Der Bergbau ist fast ausschließlich Gangbergbau, bei der gebirgigen Natur des Landes ist in ausgedehntem Maße Abbaubetrieb durch Stollen möglich. Tiefbau, d. h. Abbau unter der Stollensohle kann auf den zahlreichen von Eisenbahnlinien entfernt gelegenen Gruben wegen des Mangels an maschinellen Hilfsmitteln nur getrieben werden, wenn der Wasserzugang ein mäßiger ist, denn die Wasserhebung muß durch Handpumpen bewirkt werden, ja, zuweilen tragen Indianer das Wasser in Ledersäcken auf dem Rücken bis auf die Stollensohle, auch die Förderung der Erze findet in sehr vielen Gruben ausschließlich in dieser einfachen Weise statt, nur selten gibt es Göpelbetrieb. Die Herstellung von Grubenbahnen erfordert bereits umständliche Arbeiten, denn die Schienen müssen von Nordamerika oder Europa bezogen werden, sie können in ihrer eigentlichen Länge von z. B. 5 m auf den Lasttieren nicht befördert werden und sind deshalb für den Transport vierfach zusammengebogen. Auf den Gruben müssen sie vor der Verwendung in den Biegungen erhitzt und mühsam gerade gerichtet werden. Auch Laschen und Schrauben für die Verbindung, die Schienennägel, selbst das Holz für die Schwellen müssen von der Küste beschafft werden. Ähnliche Schwierigkeiten sind auf Schritt und Tritt zu überwinden, sobald von der landläufigen einfachen Betriebsweise abgewichen wird. So kommt es denn, daß viele Gruben nach verhältnismäßig kurzem Betriebe eingestellt werden, wenn nicht die Erze außergewöhnlich reich sind. Gehalte von $^1/_2$ % Silber sind keine Seltenheit, doch kommen auch Derberze mit 2 und 3 % Silber vor, anderseits gestattet die Amalgamation je nach dem Erzvorkommen und Silberpreise auch noch Erz mit 0,15—0,25 % Silber mit Vorteil zu verarbeiten. Die Erze bestehen da, wo sie in größerer Tiefe im ursprünglichen Zustande angetroffen werden, meistens aus einem innigen Gemenge von Bleiglanz, Zinkblende und Schwefelkies mit edlen Silbererzen, namentlich Rotgültigerz in feiner Verteilung, anderseits sind auch silberreiche Fahlerze häufig. Nahe

der Oberfläche, im eisernen Hut, haben jene eigenartigen Umwandlungen des Silbergehaltes in Clor-, Jod- oder Bromsilber stattgefunden, die in ganz Mittel- und Südamerika beobachtet werden, dabei zeigt die eisenschüssige Gangmasse gelbe, braune und rötliche Farbentöne. Diese Erze haben den besonderen Namen Colorados oder Pacos erhalten, sie lassen sich roh im gemahlenen Zustande durch Quecksilber entsilbern, während die geschwefelten Erze zuvor einer chlorierenden Röstung unterworfen werden müssen. Wasserkraft für die Amalgamierwerke ist in den hochgelegenen Thälern an vielen Orten vorhanden, auch während der trockenen Jahreszeit gestatten die aus dem ewigen Schnee der Kordillerenkette und aus großen Torfmooren abfließenden Wasser, welche sich in größeren Seen sammeln, den Betrieb. Bei der Amalgamation wird nur der Silbergehalt und ein Teil des an und für sich niedrigen Goldgehaltes gewonnen, während die anderen Metalle in den Rückständen verbleiben und verloren gehen. Es sind die Gruben daher als Silbergruben im eigentlichsten Sinne des Wortes zu bezeichnen. Übrigens werden mit dem ausgebrachten Amalgamationssilber auch solche Erze, in denen neben dem Silber ein hoher Gehalt an Blei oder Kupfer austritt und die schon deshalb zur Amalgamation weniger geeignet sind, auf Lasttieren zur Ausfuhr nach der Küste befördert. Als Rückfracht dienen die mannigfachen Bedürfnisse der Gruben, denn es muß für die Beamten, die Arbeiter und ihre Familien ein großer Teil der Bedarfsgegenstände von der Küste herbeigeschafft werden, so, Zucker, Reis, Speisesalz, Branntwein, ferner sämtliche Stoffe und Schuhwaren, außerdem alle jene mannigfaltigen Kleinigkeiten, wie Gewürze, Nähgarn, Streichhölzer, Messer und vieles andere mehr. Dazu kommt das Material für den Betrieb, Sprengstoffe und Bohrerstahl für die Gruben, Quecksilber zur Amalgamation, selbst Bretter und Eisen werden aus dem Auslande, aus Nordamerika, eingeführt, ebenso verzinkte Wellbleche für Dachungen. Das Salz für die Amalgamation kommt aus dem Inneren und wird von Indios auf ihren Lamas herbeigeschafft, ebenso die Holzkohle für die Schmiede; als eigenartiger, aber ausreichender Brennstoff für die Röstung der geschwefelten Erze — auch zum Brennen von Ziegeln und Kalk — dient die an der Sonne getrocknete Losung der Lamas und Schafe, Taquia genannt, sie wird von den Indios auf den Höfen, in denen die Tiere die Nächte zubringen, in der trockenen Jahreszeit gesammelt, sackweise auf dem Rücken der Lamas angeliefert und in den Amalgamierwerken für die nasse Jahreszeit in großen Vorratsräumen aufgespeichert. So sind denn die Lasttiere und vor allen Dingen die Lamas, von denen auf einem größeren Werke täglich Hunderte mit Lasten eintreffen, eine der allerersten Vorbedingungen für einen geregelten Betrieb.

Die Arbeiter sind Indios, Nachkommen der alten Ureinwohner Perus, von bräunlicher Hautfarbe mit straffem schwarzen Haar, ein nur mittelgroßer, aber äußerst widerstandsfähiger, dabei genügsamer Menschenschlag, der bei richtiger, d. h. strenger aber gerechter Behandlung tüchtige Arbeitskräfte liefert. Den größeren Werken ist es gelungen, sich im Laufe der Jahre einen dauernden Arbeiterstamm heranzuziehen, aus dem auch die Steiger hervorgehen. Außerdem benutzen die Indianer der Puna und auch diejenigen aus den tiefer gelegenen Dörfern gern einige Monate im Jahre die Arbeitsgelegenheit auf den Gruben. Von den Mischrassen, welche einen großen Teil der Bevölkerung Perus ausmachen, eignen sich nur die Mischlinge aus Indianern und Weißen, allgemein Mestizos, in Peru Cholos (spr. Tscholos) genannt, recht gut zur Grubenarbeit; sie sind in allen Übergängen von der rein weißen zur rein indianischen Rasse vorhanden. Von Europäern kommen als Arbeiter ganz vereinzelt Italiener, diese für Gesteinsarbeiten geschaffenen Naturen, auf die hohe Kordillere, aber auch ihnen ist der Einfluß der dünnen Luft — in 4800 m Seehöhe beträgt der Barometerstand etwa 425 mm — bei angestrengter Häuerarbeit nicht zuträglich. Neger und Chinesen, die an der Küste stark vertreten sind, findet man auf der Kordillere selten und dann als Köche und Diener, auch die Mischlinge, in denen das Blut des Negers vorwaltet, die Mulatten (Mischlinge von Weißen und Schwarzen) und die Sambos (Mischlinge von Schwarzen und Indianern) meiden das kalte und rauhe Klima der hohen Kordillere. Die Leiter der Bergwerke sind in Europa oder in Nordamerika gebildete Ingenieure, die übrigen Beamten ent-

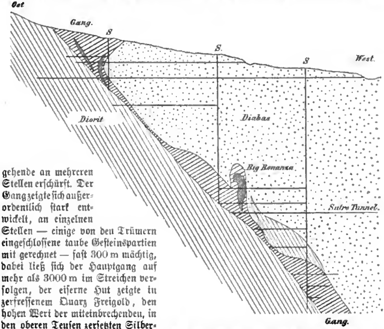
stammen allen Ländern und Breiten Amerikas und Europas; naturgemäß stellen Nordamerikaner, Deutsche, Engländer, Spanier und Italiener (letztere namentlich als Handwerker) neben Eingeborenen die meisten Vertreter.

Das Klima ist hier auf der hohen Kordillere trotz der Lage unter 13° südl. Breite rauh, aber nicht ungesund. Während des ganzen Jahres gibt es Nachtfröste, die Jahreszeit von April bis Oktober ist trocken, in dem übrigen Teile des Jahres, entsprechend der Regenzeit der Tropen, fällt fast alle Tage Schnee oder es hagelt, dazu entladen sich nicht selten heftige Gewitter. Die Sonne des nächsten Vormittags pflegt den Schnee des vorigen Tages zu schmelzen und am Nachmittage beginnt neuer Schnee zu fallen, oft bis zu 10 cm Höhe in einer Nacht. Überall rinnt in dieser Jahreszeit das Wasser zu Thal, und die Pfade, die nur der Huf der Maultiere in der Grasnarbe kenntlich erhält, die höchstens an gefährlichen Stellen, etwa an Steilgehängen, gebessert werden, sind in traurigem Zustande. Während die Nachttemperatur oft bis auf 3 oder 4° Kälte sinkt, steigt das Thermometer am Mittage bis auf 10 auch 12° Réaumur, an geschützten Stellen wohl noch höher. Kräftige, an und für sich gesunde Naturen gewöhnen sich sehr bald an das Höhenklima, nur tritt bei körperlichen Anstrengungen Atemnot ein, auch haben Erkältungen leicht gefährliche Lungenentzündungen zur Folge; nach frischem Schneefall und namentlich bei Sonnenschein muß der Weiße die Schneebrille tragen und durch blauen oder grauen Schleier das Gesicht schützen, sonst sind heftige Augenentzündungen und starker Hautreiz die Folge.

Das Leben auf der hohen Kordillere ist für den europäischen Bergmann reich an Entbehrungen, dabei bedingt es stetige anstrengende Arbeit, denn die Kenntnisse der Unterbeamten sind äußerst geringe, sorgfältige Überwachung aller Verwaltungszweige ist unbedingt nötig. Abwechselung im ewigen Einerlei des Dienstes gibt es kaum; der Besuch der benachbarten Städte im Gebirge hat wenig Verlockendes, etwas Zerstreuung bieten die Jagd und das Studium der interessanten Sprache (Quetchua, spr. Ketschua) und eigenartigen Sitten der Indios, auch heute noch ein Gemisch von Äußerlichkeiten des Christentums und tief wurzelnder heidnischer Gewohnheit, von europäischer Kultur und altüberlieferter indianischer Sitte. Gibt es doch heute noch Indios auf der hohen Kordillere, die kein Wort spanisch sprechen. Nicht gerade zu den Annehmlichkeiten des Lebens für den Verwalter großen Vermögens gehört es, daß die nicht seltenen Revolutionen zuweilen ihre hochgehenden Wogen auch bis ins Gebirge fühlbar machen und daß die Obersten und Generale zur Verwirklichung ihrer ehrgeizigen Pläne oder der Ziele ihrer Partei Geld, Geld und immer wieder Geld brauchen, als dessen nie versiegenden Quell sie gern die Silbergruben ansehen. Da heißt es denn von der gewöhnlich unter der Form eines Steuervorschusses oder einer außerordentlichen Steuer geforderten oder erbetenen Summe möglichst viel abzuhandeln, unter Umständen Zeit zu gewinnen, sich zwar einigermaßen willfährig zu zeigen, aber doch scheinbar nur der Gewalt zu weichen und sich keinesfalls der Gegenpartei gegenüber bloßzustellen. Der Umstand, daß die meisten Gruben im Besitz von Ausländern sind, erleichtert die Unterhandlungen wesentlich. Kleinere Banden von Deserteuren brandschatzen lieber die umliegenden Indianerdörfer, sie wagen sich nicht auf die größeren Gruben, da die Beamten mit den vorhandenen Gewehren nötigenfalls umzugehen wissen. Doch das sind Ausnahmen von der Regel, im allgemeinen ist die Person und das Eigentum in der hohen Kordillere von Peru gesichert, und diejenigen Personen, die bei einer Revolution ums Leben kommen, setzen gewöhnlich selbst das wenige, was sie haben, aufs Spiel in der Hoffnung, dadurch, daß ihre Partei an die Regierung kommt, viel zu gewinnen.

Eine angenehme Abwechselung bietet dem Beamten eine Reise zur Küste, die gewöhnlich mit der Begleitung von Erz- oder Silbertransporten verbunden ist. Der Weg führt in vier bis fünf Tagen durch alle Vegetationszonen Perus von der rauhen Puna zur heißen Küste mit Tropenklima, und wer in der glücklichen Lage ist, die Reise bis nach der Hauptstadt Lima fortsetzen zu können, läßt es sich für kurze Zeit im Genusse dessen wohl sein, was die verfeinerte Kultur nach langer Entbehrung um so reizvoller erscheinen läßt.

Der Comstockgang in Nevada. Die größten Mengen von Edelmetallen, welche die Natur jemals dem Bergmanne in einer Lagerstätte beschert hat, lieferte in der verhältnismäßig kurzen Zeit von 20 Jahren der berühmte Comstockgang. Etwa $^2/_5$ des Wertes der gesamten Produktion bestand aus Gold, $^3/_5$ aus Silber, letzteres waltete in der Form von Schwefelsilber, Chlorsilber und Schwefel-Arsen-Antimonverbindungen quantitativ bedeutend vor. Dieses ist der Grund, weshalb dieser Bergbau hier behandelt wurde. Als nach dem Jahre 1848 der Strom der Goldwäscher westwärts durch Nevada nach Kalifornien zog, siedelten sich auch einige Bergleute in der Landschaft Washoe an und verwuschen dort nicht gerade sehr reiche Goldseifen. Erst in den Jahren 1858 und 1859, nachdem die Seifen erschöpft waren, fing man an, auf die in Kalifornien gemachten Erfahrungen gestützt, den Gang zu suchen, dem das Gold entstammte; so wurde das Ausgehende an mehreren Stellen erschürft. Der Gang zeigte sich außerordentlich stark entwickelt, an einzelnen Stellen — einige von den Trümern eingeschlossene taube Gesteinspartien mit gerechnet — fast 300 m mächtig, dabei ließ sich der Hauptgang auf mehr als 3000 m im Streichen verfolgen, der eiserne Hut zeigte in zerfressenem Quarz Freigold, den hohen Wert der miteinbrechenden, in den oberen Teufen zersetzten Silbererze erkannte man erst später. Einer der ersten Kapitalisten, die sich dem neuen Bergbau zuwendeten, Henry Comstock, hat dem Gange den Namen gegeben.



207. Querprofil durch den Comstockgang. Nach M. Becker.

Trotz mancher Zwistigkeiten mit den dortigen Indianern, die zu offener Fehde entbrannten, wurde in der zweiten Hälfte des Jahres 1860 die erste Eisenbahn in den Distrikt Washoe eröffnet und das erste Amalgamierwerk in Betrieb gesetzt. Die Entdeckung einiger reicher Erzmittel (bonanzas von den mexikanischen Bergleuten genannt) regte zu fieberhaftem Vordringen in die Tiefe an, es wurden außerordentlich hohe Kapitalien angelegt, namentlich um den starken Wasserzudrang zu bewältigen. Der Wert der Produktion hatte im Jahre 1860 100000 Dollar betragen, er stieg jedoch bereits 1864 und 1865 auf jährlich 16 Millionen Dollar, um dann allerdings wieder zu sinken. Die Lage der Gangspalte gegenüber den anderen Gesteinsmassen ist nicht in der ganzen Längenerstreckung dieselbe, in der Hauptsache ist der Comstockgang ein Kontaktgang zwischen Diorit im Liegenden und Diabas im Hangenden (Abb. 207), die Mächtigkeit der Spalte ändert sich erheblich, auch die Verteilung der reichen Mittel war eine durchaus unregelmäßige. So

konnte es nicht ausbleiben, daß auch auf diesem reichsten Erzgange der Welt der Erfolg der verschiedenen Unternehmungen kein gleichmäßiger war, sondern daß neben großen Gewinnen auch herbe Enttäuschungen zu verzeichnen waren, namentlich, da man erst nach und nach lernte, die eigenartigen Erze zunächst durch chlorierendes Rösten und darauf folgende Amalgamation, später durch den dort ausgebildeten Washoeprozeß (Pochen und Amalgamieren unter Zusatz von Kupfervitriol und Kochsalz) entsprechend zu behandeln, so daß die Verluste bei der Verhüttung sich allmählich verminderten. Die Bevölkerung im Washoedistrikt stieg außerordentlich schnell, die drei in unmittelbarer Nähe der Gruben gegründeten Städte **Virginia**, **Goldhill** und **Silvercity** hatten bereits im Jahre 1876 zusammen mehr als 20 000 Einwohner, und in dem Jahrzehnt von 1870—80 wurden durchschnittlich mehr als 3000 Arbeiter bei dem Bergbau beschäftigt.

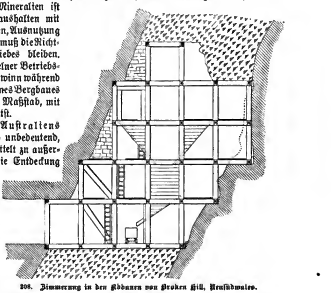
Zu der wachsenden Schwierigkeit für die Wasserhebung gesellte sich im Laufe der Jahre eine zweite, fast noch größere, der Mangel an Ventilation, der um so fühlbarer wurde, als mit der Tiefe die Wärmezunahme eine ungewöhnlich schnelle war. Trotzdem der Ausstrich des Ganges auf etwa 1800 m Seehöhe liegt, betrug die Temperatur in der Grube im Mittel bei 400 m Tiefe 32° C., bei 500 m bereits 38° C. Beiden Übelständen sollte die Anlage eines tiefen Stollens vom Laufe des Carsons-Flusses aus abhelfen. **William Sutro** trat mit diesem Plane bereits im Jahre 1864 hervor, bei der Zersplitterung des Grubenbesitzes war jedoch die Einigung nur schwer zu erzielen, auch die Beschaffung des bedeutenden Anlagekapitales — der Stollen mußte über 6 km lang werden und sollte den Gang etwa in 500 m unter Tage antreffen — verzögerte sich, da Gegenströmungen nicht ausblieben. Erst im Jahre 1869 konnte das Werk begonnen werden, auch dann noch traten namentlich wegen Mangel an Kapital mancherlei Störungen ein, und als der Sutro-Stollen endlich im Jahre 1878 den Gang erreichte, waren die bedeutendsten Gruben schon wesentlich weiter in die Tiefe vorgedrungen. Trotzdem gewährte das Werk Vorteile; denn der Stollen führte z. B. im Jahre 1880 in jeder Minute 11 cbm Wasser ab, von denen vorher ein großer Teil volle 500 m höher gehoben werden mußte, auch wurde die Ventilation erheblich verbessert.

Inzwischen war im Jahre 1874 in den benachbarten Gruben Virginia und California die größte Erzanhäufung, die auf dem Gange überhaupt vorgekommen ist, die **Big Bonanza** angefahren worden, sie befand sich im Hangenden (siehe die Abb. 207) des eigentlichen Gangkörpers und bestand aus mürbem Quarze, in dem Silbererze und gediegen Gold eingesprengt waren. Der Wert einer Tonne dieser massenhaft auftretenden und leicht zu gewinnenden Erze betrug etwa 80 Dollar (336 Mark). Die Erträge des Bergbaues stiegen dadurch allein in diesen beiden Gruben im Jahre 1876 auf 30 Millionen Dollar, im Jahre 1877 auf 32,6 Millionen Dollar; doch bei dem außerordentlich schnellen Abbau fiel das Erträgnis bereits im Jahre 1878 auf 18,5 Millionen. Der gesamte Bergbau auf dem Comstock hat im Jahre 1876 die höchste Ausbeute, nämlich 38 Millionen Dollar ergeben, 1877 37 Millionen und 1878 noch 24,4 Millionen, während die Gesamtlieferung bis zum Jahre 1880 auf 174 Millionen Dollar in Silber und auf 132 Millionen Dollar in Gold geschätzt wird.

Durch diese Erfolge wurde die Geschäftigkeit auf den anderen Gruben noch mehr gesteigert, rastlos strebte man der Tiefe zu, durchörterte man die Gangflächen, aber man traf überall nur ärmere Erze, so daß die meisten Gesellschaften mit Verlust arbeiteten, große bonanzas sind nicht wieder angetroffen worden. Dazu kamen mit zunehmender Tiefe immer größere Schwierigkeiten, besonders durch weitere Zunahme der Temperatur, heiße Quellen bis zu 70° C. brachen ein; die Bergleute konnten oft nur wenige Minuten arbeiten und mußten dann in kühlere Strecken flüchten; massenhaft schaffte man Eis zur Kühlung in die Baue, in einzelnen Gruben fast 100 Pfund für den Mann in der Schicht, aber das weitere Vordringen in die Tiefe war unmöglich, mehr als 1000 m hatte man an mehreren Stellen erreicht, dann gebot die Wärme des Erdinneren, die hier mit der Tiefe viel schneller als bei den anderen bekannten Bergbauen zunahm, dem Betriebe ein entschiedenes Halt. Die Erträge sanken seit 1879 außerordentlich schnell, schon 1886 entschloß man sich, die Wasserhaltungen einzustellen und die Tiefbaue unter der Sohle

des Sutro-Stollens aufzugeben, man beschränkte sich darauf, die Halden durchzuarbeiten und in den oberen Sohlen die früher stehen gelassenen ärmeren Erze nachträglich abzubauen. So ging nach kurzer Blüte der reichste Bergbau der Erde seinem Ende entgegen, er bietet ein seltenes Beispiel zähester Energie, wilden Ringens nach Gewinn, in 25 Jahren gelangte man bis zur Tiefe von 1000 m, ein Ziel, das der Bergbau früher nur nach Jahrhunderten angestrengter Arbeit und an wenigen Punkten der Erde erreichte, zuerst in Pribram in Böhmen im Jahre 1875. Der Comstockgang ist eines der ersten Beispiele in der Geschichte des Bergbaues dafür, daß durch die neueren Hilfsmittel auf den Gebieten des Bergbaues und auch des Hüttenwesens in wenigen Betriebsjahren gewaltige Mengen von Mineralien gefördert und verarbeitet werden, daß hierdurch zwar ein hoher Gewinn erzielt wird, der Abbau aber auch sehr schnell fortschreitet und die Lebensdauer des Bergbaues außerordentlich verkürzt wird, denn die Menge der auf einer Lagerstätte zugänglichen Mineralien ist eine begrenzte. Weises Haushalten mit dem von der Natur Gebotenen, Ausnutzung auch des minder Wertvollen muß die Richtschnur jeden Bergbaubetriebes bleiben. Nicht der hohe Gewinn einzelner Betriebsjahre, sondern der Gesamtgewinn während der ganzen Betriebsdauer eines Bergbaues ist der wirtschaftlich richtige Maßstab, mit dem der Erfolg zu messen ist.

Der Silberbergbau Australiens war bis zum Jahre 1895 unbedeutend, er erhob sich jedoch unvermittelt zu außerordentlicher Höhe durch die Entdeckung der reichen Lagerstätte von Broken Hill in dem Höhenzuge Barrier-Range, Neusüdwales, im Distrikt Silverton. Nach den neuesten Untersuchungen haben wir es hier nicht mit einem Gange, sondern mit einem Lager zu thun, denn der eiserne Hut, welcher bis zu ansehnlicher Tiefe herabreichte, enthielt neben sehr reichen Silbererzen in der Form von Chlor- und Bromsilber und neben Bleisalzen viel Kaolin, das Zersetzungsprodukt des Feldspates; später ging die Erzführung in geschwefelte Erze, vorwiegend Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies über, hier kam viel Granat, auch Feldspat vor, Mineralien, die den echten Gängen durchaus fremd sind. Im Streichen ist die Lagerstätte über eine Erstreckung von 3 km bekannt, die Mächtigkeit beträgt an einzelnen Stellen bis zu 30 m; das Nebengestein bilden krystalline Schiefer, zum Teil Granit und Grünsteine.



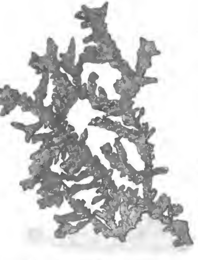
208. Zimmerung in den Abbauen von Broken Hill, Neusüdwales. Nach Howell.

Die weiten und hohen Räume, welche beim Abbau der ausgedehnten Erzmittel entstehen, werden durch starke Zimmerung unterstützt (Abb. 208), die bei dem Mangel an geeigneten australischen Hölzern aus amerikanischer Fichte hergestellt wird. Die Abbaue werden später mit Bergen versetzt und die kostbare Zimmerung zur Wiederverwendung soweit möglich herausgenommen. Bis zum Ende des Jahres 1892 betrug das Ausbringen sämtlicher Gruben in Broken Hill 1 629 000 kg Silber und 231 000 t Blei; die gesamten verteilten Dividenden beliefen sich auf 96 300 000 Mark. Auch hier hat der Bergbau in einer öden, wasser- und regenarmen Gegend, die häufig von Staubstürmen heimgesucht wird, bevölkerte Städte geschaffen; man gelangt jetzt am leichtesten mit der Eisenbahn von Adelaide in Südaustralien nach Broken Hill.

Der Kupferbergbau.

Das Kupfer ist auf der Erde außerordentlich verbreitet, dennoch sind es nur einzelne Landstriche, in denen zu der Weltproduktion ein wirklich bedeutender Anteil geliefert wird, das geht am besten aus der folgenden Zusammenstellung der Erzeugung für 1895 hervor (nach C. A. Hering).

Erdteile	Produktionsmengen in t	Bemerkungen
Europa	84 000	davon Deutschland . . . . . 16 500 t
		und zwar Mansfeld . . . . . 15 000 t
		der Rammelsberg . . . . . . 1 400 t
		Spanien . . . . 55 000 t
		Rußland . . . . 5 000 t
Asien	18 500	wovon d. Hauptteil auf Japan fällt.
Afrika	7 000	namentlich Kapland.
Südamerika	24 500	davon Chile . . . . 22 000 t
Nordamerika	190 000	davon die Gruben am Oberen See 58 000 t
		Butte in Montana . . . . . . 82 000 t
		Arizona . . . . 21 500 t
Australien	10 000	
	334 000	

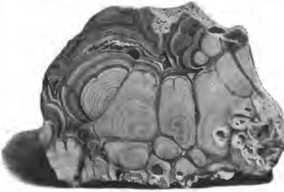


209. Gediegen Kupfer von Coquimbo in Chile, zweigförmiger Aufbau aus kleinen Kristallen. ($1/2$ nat. Größe.)

Sehr günstig hat in den letzten Jahren auf die Kupferindustrie der durch die Elektrotechnik wesentlich erhöhte Bedarf eingewirkt. Das Kupfer ist nach Preis und Leitungsfähigkeit das für elektrische Leitungen geeignetste Metall; die Kupferpreise, welche von über 4000 Mark (ausnahmsweise selbst über 5000 Mark) für 1 t Feinkupfer im Jahre 1865 mit nur vorübergehenden Besserungen allmählich bis auf 885 Mark im Jahresmittel von 1894 gefallen waren, hoben sich im Durchschnitte des Jahres 1895 auf 996 Mark und stiegen auch in den Jahren 1896 und 1897 langsam aber beständig bis erheblich über 1000 Mark.

Die Mannigfaltigkeit der Kupfererze ist eine sehr große. Das gediegene Kupfer ist äußerst geschmeidig und leicht hämmerbar, da es sehr rein vorkommt, auf frischem Bruche schön kupferrot. Es gibt sehr reiche Lagerstätten von gediegenem Kupfer, z. B. am Ural, in Australien. Die größten Mengen finden sich am Oberen See in den Vereinigten Staaten von Nordamerika; es tritt hier zum Teil in eigentlichen Gängen, zum Teil in Konglomeratbänken auf und bildet das Bindemittel der Rollstücke, zuweilen kommen so große Massen vor, daß ihre Zerkleinerung in der Grube erhebliche Schwierigkeiten verursacht. So wird von der Auffindung eines Kupferklumpens berichtet, der 13 m lang, $6^{1}/_{2}$ m breit und an der stärksten Stelle 2,4 m dick war. Derartige Massen müssen bei der Gewinnung mittels Meißel und Hammer nach und nach in Späne zerlegt werden. Außer in Klumpen kommt das Kupfer zuweilen in oktaedrischen Kristallen, häufiger in Blechen und in ästigen oder baumförmigen Massen vor. Abb. 209 zeigt das letztere, nicht eben seltene Vorkommen. — Das natürliche Kupferoxydul mit 88 % Kupfer wird mineralogisch Rotkupfererz oder Cuprit genannt, es besitzt eine schöne blutrote Farbe

und kommt meistens derb, seltener kristallisiert in lebhaft diamantglänzenden Oktaedern, Würfeln und den verwandten Formen vor. Ziegelerz ist ein rötlichbraunes bis ziegelrotes Gemenge von Rotkupfererz mit Brauneisenerz, es tritt namentlich in der Zersetzungszone der Kupfererzgänge auf. Unter den Schwefelverbindungen des Kupfers sind der stahlgraue Kupferglanz oder Cuprein mit nahe an 80% Kupfer und das prächtig dunkel-indigoblaue Kupferindig oder Covellin zu nennen; der Kupferglanz ist ein häufiges Kupfererz, das Kupferindig tritt in den Kupfergängen Chiles und Bolivias auf und kommt in großen Massen auf der zur Nordinsel Neuseelands gehörigen kleinen Insel Kawau vor. Verbindungen des Schwefelkupfers und Schwefeleisens sind der messinggelbe Kupferkies, der sich von dem ähnlichen, übrigens speisgelben Eisenkies namentlich durch seine geringe Härte unterscheidet, und das Buntkupfererz, welches sich dadurch auszeichnet, daß die Farbe auf frischem Bruch rötlich-bronzegelb ist, jedoch innerhalb kurzer Zeit in Dunkelblau und Rötlichblau übergeht. Der Kupferkies ist das häufigste und wichtigste Kupfermineral. Die Fahlerze sind sehr verschieden zusammengesetzte Erze von licht- bis dunkelstahlgrauer Farbe, als Metall waltet in ihnen gewöhnlich das Kupfer vor, neben demselben ist stets Eisen, zuweilen aber auch, wie oben unter den Silbererzen bereits bemerkt, Silber, dann auch Zink, endlich Quecksilber vorhanden. Diese Metalle sind gebunden an Schwefelarsen und an Schwefelantimon in stark wechselnden Verhältnissen. Es entsteht so eine große Mannigfaltigkeit chemischer Verbindungen, dieselben kristallisieren jedoch alle ähnlich und zwar im Tetraeder, auch stehen sich ihre physikalischen Eigenschaften so nahe, daß es gerechtfertigt erscheint, alle diese Erze unter dem Sammelnamen Fahlerze zusammenzufassen; doch unterscheidet man wohl die vorwiegend arsenhaltigen als Tennantit und die antimonhaltigen als Tetraedrit. Neubildungen aus den bisher genannten Kupferverbindungen dürften die Kupfersalze sein, welche gewöhnlich in den oberen Tiefen der Kupfergänge zusammen vorkommen und im spanischen Amerika mit dem Sammelnamen „Colorados“ d. h. etwa buntfarbige Erze bezeichnet werden. Hierher gehören: der Malachit (kohlensaures wasserhaltiges Kupferoxyd) von schön grüner Farbe, welcher nicht nur ein geschätztes Kupfererz ist, sondern in seinen dichten Abarten von dunkelgrüner Farbe und faseriger Struktur auch als Schmuckstein Verwendung findet. Namentlich in Jekaterinburg, dem Hauptplatze für den russischen und sibirischen Edelsteinhandel, wird Malachit vielfach verarbeitet. Abb. 210 zeigt die schöne eigenartige Zeichnung des geschliffenen Malachits. Eine ähnliche Zusammensetzung hat die prächtig dunkelblaue Kupferlasur, welche auch in schönen Kristallen vorkommt, Atakamit (wasserhaltiges Kupferoxyd und Kupferchlorid) ist satt dunkelgrün und hat seinen Namen von dem wüsten Küstenstriche Nordchiles erhalten, in dem er namentlich gefunden wird. Das Kieselkupfererz ist, wie sein Name sagt, eine kieselsaure Kupferverbindung, deren Farbe ein lichtes Grün oder auch ein helles Blau ist; endlich kommt, und damit wird die Reihe der Farben der Kupfererze fast vollständig, auch ein braunes Erz vor, das Kupferpecherz.



210.
Malachit aus Rußland, angeschliffen mit konzentrisch schaliger Struktur.

Die bedeutendste Kupfererzeugung der Welt findet jetzt bei Butte in Montana (Vereinigte Staaten von Nordamerika) statt. Dieser Bezirk war schon seit 1877 als Silber

und Gold führend bekannt, die reichen Kupfererzgänge wurden erst 1883 entdeckt, das Kupfer kommt in der Form von Schwefelverbindungen namentlich als Kupferglanz, Kupferkies und Buntkupferkies mit Quarz zusammen vor. Bei der ungewöhnlich großen Mächtigkeit von 3 m im Mittel, die jedoch nicht selten bis zu 7 m, ja an einzelnen Punkten bis zu 30 m steigt, und dem Gehalte von etwa 7—9% Kupfer, erstrecken sich diese Gänge über einen Raum von 3 km Länge und 1—2 km Breite, sie sind bis zu 400 m Tiefe erzführend erschlossen und bilden eine der großartigsten Erzlagerstätten der Welt. Sogar die bis dahin den Weltmarkt beherrschenden Kupfergruben in Michigan am Oberen See, Lake superior der Nordamerikaner, haben sie in den Schatten gestellt. An der zuletzt genannten Örtlichkeit kommt nur gediegenes Kupfer vor und zwar in einem im Mittel 3—5 m mächtigen Konglomerate, welches zuerst durch flache vom Ausstriche her niedergebrachte Schächte, in neuerer Zeit auch durch senkrechte Schächte bis zu der außergewöhnlich großen Tiefe von über 1300 m erschlossen wurde. Das Lager enthält im Mittel nur 2—4% Kupfer, doch kommen zuweilen große Blöcke von reinem, gediegenem Metall vor; so wurde im Jahre 1857 auf einer jetzt abgebauten Grube Minnesota ein Block im Gewichte von 500 t gefunden. Sowohl die Erze von Butte als auch die vom Oberen See gestatten ihrer Natur nach vor dem Verschmelzen eine wesentliche Anreicherung durch die nasse Aufbereitung. Gewaltige Dampfpochhämmer im Gewichte von über 1000 kg werden durch Dampfmaschinen von je 30 Pferdestärken betrieben, jeder derselben zerkleinert in einem Tage 250—300 t Erz, welches dann auf Setzmaschinen weiter verarbeitet wird. — Die bedeutendste Grube am Oberen See, die Calumet- und Heclagrube, hat 22 solche Dampfpochhämmer und 750 Setzmaschinen im Betriebe. Von der Wucht der Schläge dieser aus Hartguß bestehenden Pochhämmer gibt am besten die Abnutzung einen Begriff, die an jedem derselben täglich 25 kg Eisen ausmacht.

Die südamerikanische Kupferproduktion ist in den letzten Jahrzehnten wohl namentlich wegen des Sinkens der Kupferpreise, dann aber auch wegen der politischen Verhältnisse wesentlich geringer geworden. Am meisten Kupfer hat stets Chile produziert, die Erze, welche zuweilen goldhaltig sind, kommen auf Gängen vor und werden zum Teil im Lande selbst verhüttet. Die Chili bars haben guten Ruf auf dem Metallmarkte. Die wichtigsten Hütten sind Tamaya bei Tongoy nördlich von Valparaiso und Coronel und Lota im Süden, bei den letzteren Orten finden sich Kohlen, welche die Verarbeitung der Erze erleichtern. Doch auch Bolivia hat namentlich zu Corocoro, südlich vom Titicacasee auf der hohen Kordillere gelegen, erhebliche Mengen, bis 3000 t jährlich, durch Abbau mächtiger Lager erzeugt (s. Abb. 211). Die Werke liegen 4050 m hoch über dem Stillen Ozean in einem zwar gesunden, aber rauhen Klima, darum zeigen auch die Berge der Umgebung kaum Spuren von Pflanzenwuchs, die Schichtung des Gesteins tritt deutlich zu Tage.

Unter den Ländern Asiens hat stets Japan die bedeutendsten Mengen an Kupfer dargestellt. Unsere Abb. 212 und 213, Nachbildungen japanischer Originalillustrationen in einem ausführlichen Werke über die Kupfergewinnung auf dem früher bedeutendsten Kupferwerke zu Besschi, zeigen uns einige zum Teil noch heute beibehaltene Eigentümlichkeiten des japanischen Bergbaues. Der Häuer (Abb. 212), welcher mit Steinmeißel und Fäustel das Erz bearbeitet, trägt statt des bei uns üblichen Leders eine geflochtene Strohmatte, der Fördermann schleppt das Erz in einem Korbe auf dem Rücken aufwärts über Treppen, als Lampen dienen größere Gehäuse von Meeresschnecken. Abb. 213 verdeutlicht die einfache Art und Weise des Erzwaschens mit der Hand auf schalenförmigen, aus Bambusfasern geflochtenen Sieben.

Für die europäische Kupfererzeugung sind Rußland, Spanien und Deutschland die wichtigsten Länder. In Rußland liegen die hauptsächlichsten Gruben, welche auf Gängen und stockförmigen Erzvorkommen bauen, im Ural. Die Grube Gumeschewski, südwestlich von Jekaterinburg, ist weltberühmt durch massenhaftes Vorkommen von derbem, zur Verarbeitung als Schmuckstein geeignetem Malachit. Westlich dem Ural vorgelagert finden sich auf weite Erstreckung hin Schichten des Rotliegenden, nach



211. Kupferwerk Corocoro in Bolivia.



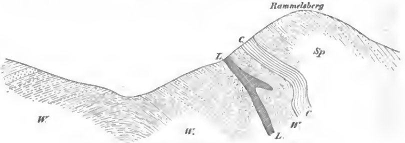
212. Kupfergewinnung zu Beschi in Japan. Häuer vor Ort und Fördermann.
Nach einem älteren japanischen Werke.



213. Waschen des Kupfererzes in Schalen zu Besschi in Japan.

Nach einem älteren japanischen Werke.

dem Bezirk Perm die Permische Formation genannt, jedoch erstrecken sich diese Schichten auch über große Teile der Bezirke Jekaterinburg, Ufa und Orenburg. Das Kupfererz



214. Geologisches Profil durch den Rammelsberg bei Goslar.
L Erzlager, W Wissenbacher Schichten, C Calceolaschichten, Sp Spiriferenschichten.

findet sich in Sandsteinen von geringer Mächtigkeit und etwa 3 % Kupfergehalt, aber diese Schicht ist über Tausende von Quadratkilometern ausgebreitet und wird an verschiedenen Orten abgebaut.

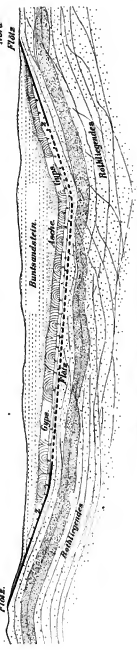


215. Fischabdruck (Platysomus gibbosus) aus dem Kupferschiefer der Zechsteinformation von Sachsen-Meiningen.

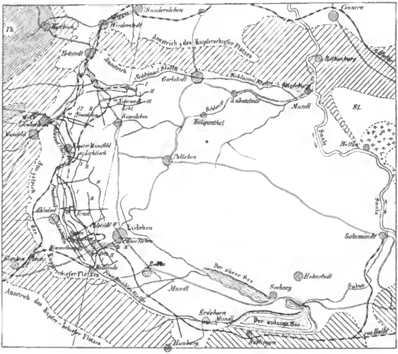
Das Hauptvorkommen der spanischen Kupfererze liegt in der Provinz Huelva, westlich vom unteren Lauf des Guadalquivir. Es ist ein mächtig entwickelter Zug von Kieslagern, welche linsenförmig in den dort auftretenden älteren Gesteinen eingelagert sind und sich aus der Gegend von Sevilla nordwestlich über die Hauptgruben bei Rio Tinto (d. h. gefärbter Fluß) und Tharsis bis weit nach Portugal hinein erstrecken. Der

Bergbaubetrieb ist uralt, da nachweislich bereits die Phönicier, Karthager und Römer in dieser Gegend Kupfer gewonnen haben. Die beiden genannten Gruben allein, welche in den Händen englischer Gesellschaften sind, fördern mit etwa 14000 Mann Belegschaft jährlich nahezu 2 Millionen Tonnen Erze. Davon wird der größere Teil in Spanien selbst verschmolzen, ein bedeutender Teil jedoch von der Hafenstadt Huelva nach England, Deutschland, Frankreich und Nordamerika verschifft. Die Verarbeitung dieser Erze bietet viel Interesse und gibt einen sprechenden Beweis für die Fortschritte der hüttenmännischen Technik; es werden nämlich außer dem Schwefel, der zur Schwefelsäuredarstellung dient, auch die sämtlichen in den Kiesen enthaltenen Metalle, nämlich zunächst Kupfer (etwa 3%), dann die geringen Mengen von Blei, Silber, Wismut und Gold gewonnen. Ja es ist sogar gelungen, aus den nun verbleibenden Rückständen (purple ore) den beträchtlichen Eisengehalt zu gewinnen.

Von den deutschen Kupferbergbauen sind, wie schon in der Einleitung zu diesem Abschnitte bemerkt, die wichtigsten der **Rammelsberg** bei Goslar und der **Kupferschieferbergbau** im **Mansfeldschen**. Im Rammelsberg (s. Abb. 214) wird ein Lager, das auf 1300 m Länge erschlossen ist und eine mittlere Mächtigkeit von 12 m bei einem Einfallen von 45° hat, schon seit dem 10. Jahrhundert abgebaut. Die Erze sind am Hangenden des Lagers vorwiegend Bleierze, nach der Mitte zu finden sich in feinen Schnüren Schwefelkies, Kupferkies und Zinkblende ein, während am Liegenden die Kupferkiese vorwalten. Die letzteren werden auf der Hütte zu Ocker verarbeitet. Die jährliche Produktion an Erzen beträgt einige 20000 t, der Abbaubetrieb geht jetzt in etwa 400 m Tiefe um, das Fortsetzen des Lagers in noch größere Tiefen ist wahrscheinlich. Die weiten Räume, welche durch den firstweisen Abbau entstehen, werden mit Bergen (Gestein) versetzt; namentlich in früheren Jahrhunderten sind wohl arme Erze in der Grube geblieben, daher kommt es, daß die durch die alten Baue einsickernden Wasser Kupfervitriol, auch Eisen- und Zinkvitriol gelöst enthalten. In Berührung mit metallischem Eisen scheidet sich aus dem Grubenwasser metallisches Kupfer (sogenanntes **Zementkupfer**) ab. Auf diese Weise wird im Rammelsberg und auch in Rio Tinto nebenbei Kupfer gewonnen. Übrigens kristallisieren aus den Sickerwassern zum Teil auch die Vitriole in blauen und grünen Stalaktiten (Zapfen) aus, je nachdem der Kupfer- oder der Eisengehalt vorwaltet. Reisenden, welche von dem nahen Goslar aus den Rammelsberg besucht und auch die Grube befahren haben, werden diese schönen Bildungen gewiß in angenehmer Erinnerung sein.



216. Überhöhtes Profil durch das Kupferschiefergebirge. — Z Zechstein.



217. Karte des Mansfelder Kupferschieferflözes.
Nach Veröffentlichungen der Mansfelder Gewerkschaft.

Die wichtigste Kupfererzlagerstätte Deutschlands ist das Mansfelder Kupferschieferflöz; es besteht aus bituminösem, schwärzlichem Mergelschiefer, in dem sehr fein verteilt vorwiegend Kupferkies und Buntkupferkies, seltener andere Kupfer-, auch Nickelmineralien vorkommen, die Schiefer erhalten hierdurch einen metallischen gelblichen (Kupferkies) oder bläulichen (Buntkupferkies) Schimmer. Übrigens ist das Kupferschieferflöz auch durch seine Versteinerungsführung ausgezeichnet, es kommen zahlreiche Fischreste vor, welche entweder in Kupfererze oder in Asphalt umgewandelt sind. Abb. 215 zeigt eine eigentümlich breite Gattung: Platysomus nach einem Originale der Freiberger Bergakademischen Sammlung. Das Kupferschieferflöz ist in Norddeutschland weit verbreitet; den Harz, das an dessen Südrande aufragende Kyffhäusergebirge und den Thüringerwald umlagern jüngere geschichtete Gebirgsmassen und zwar in der Hauptsache zu unterst das Rotliegende, dann der Zechstein und darüber der Buntsandstein in gleichbleibender (konkordanter) Lagerung (vergl. Abb. 216). Das Kupferschieferflöz lagert überall als unterste Schicht des Zechsteins auf der obersten gebleichten Schicht des Rotliegenden, dem sogenannten Weißliegenden. Die Ablagerung ist im großen und ganzen sehr regelmäßig, doch kommen kleinere Verwerfungen, Rücken genannt, vor, die zum Teil selbst Erze führen, auch die Erzführung des Kupferschieferflözes in sehr verschiedener Weise beeinflussen; so ist z. B. im Eislebener Revier in der Nähe der Rücken eine Anreicherung, im Hettstedter eine Abnahme der Erzführung beobachtet worden. Am ältesten dürfte der Kupferschieferbergbau in demjenigen Reviere sein, welches auch heute noch die größte Bedeutung hat, es ist dies die Gegend östlich des Harzes zwischen Hettstedt im Norden und Eisleben im Süden (s. Abb. 217), die Mansfelder Bucht. Schon im 12. Jahrhundert wurde hier Bergbau

getrieben und mit wechselndem Glücke als zersplitterter Kleinbetrieb fortgeführt, bis der Dreißigjährige Krieg, der sich noch lange in seinen verheerenden Folgen bemerkbar machte, den Bergbau fast ganz zum Erliegen brachte. Doch schon in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts bildeten sich neue Gewerkschaften, um den Bergbau wieder in Angriff zu nehmen. Dieselben hatten mancherlei Berührungspunkte, wie z. B. die gemeinschaftliche Entsilberung des Schwarzkupfers und den Holzkohlenbezug aus den Waldungen der Grafschaft. Als dann mit dem Fortschreiten des Bergbaues die Gruben immer tiefer wurden, drängten die Verhältnisse zur Vereinigung, und es bildete sich im Jahre 1852 die Mansfeldsche Kupferschieferbauende Gewerkschaft, welche bis jetzt den Bergbaubetrieb mit großartigem Erfolge fortführt trotz der vielfachen Hindernisse, welche die Erschließung immer größerer Tiefe im Gefolge hatte.

Das heute in Betrieb befindliche Revier der Gewerkschaft in der Mansfelder Mulde hat eine Längenausdehnung von 22 km. Das Flöz ist ausgezeichnet durch eine sehr gleichmäßige Mineralführung, es enthält 2—3% Kupfer und in 1 t Kupfer 5 kg Silber, auch ist das dargestellte Kupfer von vorzüglicher Reinheit und daher für elektrotechnische Zwecke besonders gesucht. Aber die Stärke der verschmelzbaren Schicht (die Mächtigkeit der abbauwürdigen Schiefer) ist eine sehr geringe, in der Gegend von Hettstedt sind im

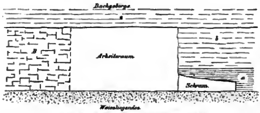


218. Häuerarbeit beim Mansfelder Kupferschieferbergbau.

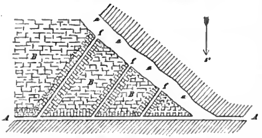
Mittel 7—10 cm Schiefer schmelzwürdig, im südlichen Teile 8—17 cm; dazu kommen allerdings zuweilen Anreicherungen der unmittelbar darüber liegenden (hangenden) Schichten. Die Flözlagerung ist flach, im südlichen Teile fällt das Flöz etwa 5—7° ein, im weiter nördlich gelegenen 10—12°. Um sich zu gleicher Zeit die gewaltige Arbeit, welche bei dem Bergbau geleistet wird, und die Armut des Kupferschieferflözes zu vergegenwärtigen, können folgende Vergleichswerte als Anhalt dienen: Denkt man sich den Metallinhalt des Flözes zu einer reinen Metallplatte vereinigt, so würde sich als Repräsentant des Flözes eine Kupferplatte von nur 1 mm Stärke ergeben, und die Silberführung würde gerade ausreichen, um die eine Seite mit einer außerordentlich dünnen Versilberung zu belegen. Mit Hilfe von nahezu 13000 Bergarbeitern schneidet nun die Gewerkschaft von dieser Platte jährlich (im Durchschnitte der letzten ungestörten Betriebsjahre) $1\frac{1}{2}$ qkm ab und produziert daraus mit über 2000 Hüttenarbeitern 15000 t Kupfer und 75000 kg Silber. Es werden jährlich etwa 38 km Streckenlänge zum Teil mit Bohrmaschinenbetrieb hergestellt. Derartigen Leistungen entspricht die Großartigkeit der Schachtanlagen (vergl. Abb. 221 S. 177).

Die Arbeitsweise und die Abbaumethode auf dem Flöze ist seit langen Zeiten angenähert dieselbe. Es wird Strebbau betrieben; zwar ist die Bauweise besonders mit Rücksicht auf die wechselnde Stärke des Gebirgsdruckes etwas verschieden, doch wird es genügen, wenn wir hier den am häufigsten, bei mittlerem Gebirgsdrucke angewendeten Abbau besprechen. Bei der geringen Mächtigkeit des Kupferschiefers ist es unbedingt nötig, daß Nebengestein mit gelöst wird, damit die nötige Bauhöhe von etwa $\frac{1}{2}$ m hergestellt wird. In so niedrigem Raume muß nun der Arbeiter liegend arbeiten, gewohnheits-

gemäß liegen die Arbeiter auf der linken Seite und zwar, wenn das unter dem Flöze vorhandene Weißliegende naß ist, auf zwei Brettern. Von diesen wird das Beinbrett an den linken Oberschenkel angeschnallt, während unter der Schulter das Achselbrett an einem Handgriffe lose geführt wird. Auf diesen Brettern kriechen die Leute auch durch den Abbau bis zu ihrem Arbeitsorte, sie sind von Jugend auf hieran gewöhnt. So niedrige Räume kommen übrigens auch anderwärts vor, z. B. beim Zinn- und Wolframbergbau zu Zinnwald im sächsischen Erzgebirge und beim Abbau der Wealdenkohle am Hils bei Hannover. Liegend führt der Mann die Keilhaue (Abb. 218) und haut am Weißliegenden einen Schram, d. h. einen Einschnitt in das Flöz (Abb. 219). Sodann schlägt er mittels Keil und Fäustel die noch verbliebenen Kupferschiefer a heraus, und nachdem das Erz sorgfältig zusammengelesen und weiter befördert worden ist, werden die Dachberge b nachgeschossen, um die Bauhöhe zu erhalten; im Mittel liefert ein Häuer in der achtstündigen Schicht 300 kg schmelzwürdige Schiefer von dem ihm zugewiesenen etwa 3 m langen Abbaustoße. Den rückwärts frei gewordenen Raum füllt dann der Arbeiter mit den Dachbergen aus, wie denn der Strebbau stets mit Ausfüllung der Abbauräume durch Berge betrieben wird. Es bleiben aber immer noch genug Berge übrig, die mit den Schiefern zu Tage gefördert werden müssen, auf einen Hund Schiefer 2—3 Hunde Berge. Diese türmen sich denn auch in der Nähe der Hauptschächte zu gewaltigen Haldenmassen auf, namentlich die hochgelegene Halde des 81. Lichtloches bei Kloster Mansfeld ist in der Gegend weithin sichtbar. Der Abbau (Abb. 220) schreitet so in wagerechten Streifen vom Schachte weiter ins Feld vor, doch hält man den Arbeitsstoß a im großen diagonal, d. h. schräg zum Streichen und Fallen. Diesen eigenartigen Verhältnissen muß nun auch die Art der Förderung angepaßt sein. Im Bergeversatz B werden nämlich schmale Diagonalstrecken f, sogenannte Fahrten, offen gelassen und an den Seiten durch Mauern gesichert; auf ihnen findet schleppende Förderung bis zur horizontalen Hauptstrecke statt. Junge Burschen kriechen in der oben beschriebenen Weise auf der Seite und ziehen mit einer Fessel an dem einen Beine den vollen Hund abwärts, den leeren aufwärts hinter sich her. In den Hauptstrecken A ist durch Nachschießen von Sohle oder Firste so viel Höhe geschaffen (etwa 2,0 m), daß Pferdeförderung in Zügen von etwa 15 Grubenhunden mit je 500 kg Inhalt stattfinden kann. Es ist also ein Umladen der Schiefer und Berge am Ende der Fahrten nötig. In den Schächten findet wie überall bei großer Leistung Gestellförderung statt. Über Tage werden die Schiefer lediglich nach dem Augenschein ausgelesen (geklaubt) und zu den Kupferhütten befördert. Dieser Transport und derjenige der hüttenmännischen Zwischenprodukte ist großartig ausgestaltet, die Gewerkschaft besitzt zur Verbindung der Schächte und Hütten eine eigene Schmalspurbahn mit mehrfachem Anschluß an das staatliche Bahnnetz, außerdem sind in neuerer Zeit mehrere Hochseilbahnen für diese Zwecke angelegt.



219. Schramführung im Kupferschieferflöz.


220. Mansfelder Strebbau (Grundriß).

Von besonderer Bedeutung sind die Wasserverhältnisse des Kupferschieferbergbaues, da sie zur Zeit nicht nur ganz außergewöhnlich große Maschinenkräfte beanspruchen, sondern auch auf die Erschließung der tiefen Sohlen von erheblichem Einflusse gewesen sind. Von den ältesten Zeiten bis etwa um das Jahr 1862 wurde nur über den Stollen abgebaut, und die zudringenden Wasser fanden daher ihren natürlichen Abfluß. Im genannten Jahre hatte man jedoch das ganze Abbaufeld über den tiefsten Stollen, die überhaupt möglich sind, verhauen, ja man war bereits mit flachen Strecken unter diese Stollen niedergegangen und baute an einzelnen Punkten unterhalb derselben ab. Diese großartigen Stollenanlagen sind der Froschmühlenstollen (vergl. die Karte), welcher vom Süßen See her in 97 m Seehöhe angesetzt querschlägig bis an das Flöz und dann am Südrande der Bucht, auf demselben streichend erst nordwestlich, dann in nördliche



221. Die Ottoschächte bei Eisleben.
Abb. 221—223 nach Photographien von Fritz Ette, Eisleben.

Richtung umbiegend getrieben ist und eine Länge von 13 600 m bis in die Nähe von Klostermansfeld erreicht. Der tiefste mögliche Stollen für das Revier, der Schlüsselstollen, ist in Friedeburg an der Saale aus 71,6 m Seehöhe angesetzt, zunächst westlich bis in die Gegend von Hettstedt und dann nach Süden umbiegend bis zu den Ottoschächten bei Eisleben fortgeführt, er hat im ganzen 31 000 m Länge und bringt bei Eisleben unter dem Froschmühlenstollen noch 32 m senkrechte Tiefe ein, damit erschließt er unter dem genannten Stollen noch einen Flözstreifen von 325 m flacher Erstreckung. Der Schlüsselstollen ist auch heute noch außerordentlich wichtig, denn er führt die gesamten aus den Tiefbauen gehobenen Wasser der Saale zu.

Um die Weiterentwickelung des Mansfelder Bergbaues und im besonderen die Schwierigkeiten, welche die Erschließung der Tiefbausohlen mit sich brachte, richtig beurteilen zu können, müssen wir eine Eigentümlichkeit des dortigen Gebirgsbaues näher berücksichtigen. In den über dem Flöz lagernden Gebirgsschichten finden sich nämlich

ausgedehnte Massen von Gips und auch von Steinsalz, diese beiden leichtlöslichen Gesteine sind nun thatsächlich im Laufe der Jahrtausende durch das in den Boden eindringende und einen tieferen Abfluß (hier wohl zu den Mansfelder Seen) suchende Wasser zum Teil aufgelöst und fortgeführt worden, und es finden sich daher über dem Flöze weitverzweigte Höhlen, dort Schlotten, Schlottenzüge genannt. Sie sind längst bekannt und werden schon ausführlich im Beginne des 19. Jahrhunderts beschrieben, auch weiß man, daß die Decken der Schlotten zuweilen zusammenbrechen und daß sich hierdurch Senkungen an der Erdoberfläche bilden, die Erdfälle, welche in der ganzen Gegend angetroffen werden. Schon als der Bergbau in den oberen Tiefen über den Stollen baute, kam er zuweilen mit diesen Schlotten in Berührung, man fand sie damals leer, ja das in dieselben geleitete Grubenwasser floß ab, und die großen Hohlräume wurden vielfach benutzt,



222. Die Senke nach Trockenlegung des Oberröblinger Sees.

um die Berge vom Betriebe dort unterzubringen, z. B. in der Gegend von Wimmelburg. Dieser Zustand ist dadurch erklärtich, daß die Schlotten, welche man damals antraf, dem Ansteigen der Oberfläche und der Gebirgsschichten von den Seen aus nach Westen entsprechend, erheblich über den Seen lagen. Ja man erklärt sich den früheren Salzgehalt des Oberröblinger oder Salzigen Sees daraus, daß vom Grunde des Seebeckens Wasser in denselben aufstiegen, die bei ihrem unterirdischen Wege durch die Steinsalzstöcke des Gebirges dort Steinsalz gelöst hatten.

Als man in den sechziger Jahren dazu überging, die Tiefbausohlen zu erschließen, war es das Naturgemäße, daß man die neuen Schächte weiter nach Osten zu verlegte und zwar so, daß sie das Flöz je nach den örtlichen Verhältnissen in einer der tieferen Sohlen durchteuften und man durch Querschläge andere Sohlen anfahren konnte. Dieses Verfahren wurde denn auch eingeschlagen; während es gelang, mehrere Schachtanlagen glücklich fertig zu stellen (die Ottoschächte bei Wimmelburg, die Ernstschächte bei Helbra, die Freieslebensschächte bei Großörner, den Eduardschacht bei Burgörner im

Hettstedter Revier), stieß man bei anderen, so mit den Riewandtschächten im nördlichen und mit den Segen Gottes Schächten im südlichen Revier auf wassererfüllte Schlotten. Da das Wasserniveau erheblich tiefer lag als die Stollensohle, so war der Wasserzudrang ein außerordentlich starker, und es gelang z. B. bei den Segen Gottes Schächten nicht, des Wassers Herr zu werden, trotzdem in der Minute 11,4 cbm Wasser aus dem Schachtabteufen gehoben wurden. Es mußten daher zunächst beide Schachtabteufen eingestellt werden. Man befolgte in der Zukunft die Regel, tiefere Sohlen durch Vertiefung bereits vorhandener Schächte, welche die Schlottenregion dort, wo die Entwässerung stattgefunden hat, durchsetzen, und durch Auffahrung von Querschlägen im Liegenden zu erreichen. Die Längen der Querschläge werden hierdurch allerdings groß, so beträgt dieselbe beim Ottoschacht III für die IV. Tiefbausohle 1820 m.



223. Die Pumpstation am Oberröblinger See.

So vermied man das Wasser beim Schachtabteufen, aber die Mächte der Tiefe lassen sich nicht so leicht in Fesseln schlagen, die wassergefüllten Schlotten befanden sich noch über dem Flöze, als man anfing, dasselbe von den Tiefbausohlen aus abzubauen. Wenn auch die Bewegungen, welche infolge des Abbaues im Gebirge eintreten, da man die Räume wieder zusetzt, nur geringe sein können und die Senkung des Hangenden nach Zusammendrückung des Bergeversatzes etwa 25 cm betragen mag, so genügte dieselbe doch, um das Gebirge zu zerklüften und den Schlottenwassern den Zugang in die Baue zu ermöglichen. Schon im Jahre 1884 war ein starker Wasserdurchbruch erfolgt, es gelang jedoch damals, wenn auch erst in längeren Zeiträumen, das Wasser zu heben; ein zweiter noch verhängnisvollerer Durchbruch der Schlottenwasser fand im Jahre 1889 unter dem Weichbilde von Eisleben statt und zwar in Abbauen über der IV. Tiefbausohle, diese liegt etwa 270 m unter den Seen. Die Wasser drangen mit solcher Macht ein, daß sie erheblich über die II. Tiefbausohle, d. h. mehr als 120 m in den Grubenbauen stiegen, und der Wasserspiegel senkte sich nur unmerklich, trotzdem in der Minute etwa

70 cbm Wasser bis auf den Schlüsselstollen gehoben wurden. Die Werke kamen dadurch in mißliche Lage, daß ihnen in den sehr wichtigen südlichen Revieren die neuerschlossenen Erzmittel entzogen wurden und sie auf die wenigen noch über der I. Tiefbausohle anstehenden Flözteile angewiesen waren. Die Wasserhebung wurde in den Gruben ununterbrochen, aber nur mit geringem Erfolge fortgesetzt, da fing im Frühjahre 1892 der Spiegel des Oberröblinger Sees an zu sinken, und es lag daher die Vermutung nahe, daß der Seeboden mit den Schlotten in irgend welcher Verbindung stehe und durch diese sein Wasser in die Gruben abgäbe. Dazu kam, daß eine gründliche Untersuchung des Seebodens durch Taucher das Vorhandensein von Einsturztrichtern bestätigte, einer der bedeutendsten ist die Teufe bei Oberröblingen, die unsere Abb. 222 im späteren Zustande nach der Trockenlegung zeigt. Die Gewerkschaft faßte daher den großartigen Plan, den Oberröblinger See trocken zu legen. An seinem Ostende wurde eine Pumpstation angelegt und mit zwei starken Zentrifugalpumpen ausgerüstet, von denen jede im stande ist, 120 cbm Wasser in der Minute 12 m hoch zu heben. Ein besonderer Abflußkanal verband die Pumpstation (s. Abb. 223) mit dem natürlichen Abflusse des Sees, der Salza, außerdem wurde aber auch ein um das Ost-, Süd- und Westufer laufender Kanal angelegt, welcher die in den See sich ergießenden Zuflüsse aufzunehmen und die am Seeufer gelegenen Ortschaften mit Brauchwasser zu versehen hatte. Endlich mußte der Saugraum der Pumpen mittels eines im Seeboden ausgeschachteten Kanals mit den tiefsten Teilen des Sees verbunden werden, um von dort den allmählichen Wasserabfluß zur Pumpstation zu ermöglichen. Dem allen jedoch mußte die Regelung der rechtlichen Verhältnisse, namentlich ein umständliches Enteignungsverfahren vorausgehen.

Der kühne Plan, zu dessen Durchführung Millionen verausgabt werden mußten, glückte. Infolge des Pumpbetriebes in der Station sank der Seespiegel mehr und mehr, und der große Einsturztrichter, die Teufe, trennte sich durch einen trocken gelegten Streifen Seeboden von dem verbleibenden Reste des Sees. Sie bildete ein besonderes, kleineres Wasserbecken von steilen Wänden aus dunklem Seeschlamm und gelblichem Thon umgeben. Die Länge von West nach Ost betrug anfänglich etwa 400 m bei einer mittleren Breite von etwa 100 m. Später hat sich die Gestattung der Ränder durch Setzungen, namentlich im nördlichen Teile wesentlich geändert. Der Wasserspiegel stellte sich in der Teufe sehr bald um einige Meter tiefer ein als der übrige Seespiegel, zu gleicher Zeit wurde der Wasserzufluß in den Gruben geringer, so daß es nunmehr mit den inzwischen verstärkten Maschinenkräften gelang, die Grubenbaue, wenn auch nur sehr allmählich und schrittweise nach der Tiefe zu, vom Wasser frei zu machen. Ein großer Teil des Seebodens ist inzwischen urbar gemacht worden und gibt einen schweren aber vorzüglichen Ackerboden; wo vor wenigen Jahren noch der Kahn des Fischers die Wellen durchfurchte und das Netz die Fische in der kühlen Flut ereilte, wogen jetzt üppige Kornfelder, nur noch kleine Wasserflächen erinnern an das frühere Landschaftsbild.

Doch dem hartbedrängten Bergbau standen noch weitere Geldopfer bevor. Im September 1892, also reichlich drei Jahre nach dem Wassereinbruche, verspürte man in Eisleben heftige Erdstöße, und vom Sommer 1893 ab zeigten sich unter zeitweiliger Wiederholung der erdbebenartigen Erscheinungen an verschiedenen Stellen der oberen Stadt stetig zunehmende Senkungen an Gebäuden, zuerst in Form von Knistern und Knacken in den Wänden, dann von Rissen in den Mauern, manche Gebäude wurden völlig unbewohnbar. Namentlich die Zeißingstraße auf dem linken, die Klippe und die Rammthorstraße auf dem rechten Ufer der „bösen Sieben", eines kleinen Baches, der die Stadt in tiefem Thaleinschnitt durchfließt, wurden hiervon betroffen; die Zeißingstraße soll fast um 2 m gesunken sein. Da das Senkungsgebiet sich ungefähr über der Wassereinbruchsstelle vom Jahre 1889 zeigte, die Grubenbaue der tiefen Sohlen in jener Stadtgegend an zwei Stellen im Hangenden des Flözes Steinsalz angetroffen hatten und ferner gerade hier Verwerfungen auftreten (der Martinsschächter Flözgraben), die den Gebirgszusammenhang lockern, Senkungen außerdem in der ganzen Umgegend von Eisleben infolge Zusammenbrechens von Hohlräumen der Schlottenregion zahlreich beobachtet werden, so ist die Auffassung des geschädigten Teiles der Einwohnerschaft, daß der Bergbau

mittelbar diese Senkungen veranlaßt habe und ersatzpflichtig sei, nicht gerade befremdlich, namentlich da jedermann weiß, daß die Gewerkschaft stets berechtigte Ansprüche entgegenkommend berücksichtigt hat. Man folgert nämlich, daß die großen Wassermassen, die seit dem Jahre 1890 aus den Grubenbauen unter dem betreffenden Stadtteile gehoben worden sind und die nachweislich zum Teil ihren Weg vom Oberröblinger See durch die Schlottenregion dorthin genommen haben, auf diesem Wege Steinsalz lösten. Da die Wasser mit etwa 12 % Salzgehalt auf dem Schlüsselstollen abliefen, also mit Salz noch lange nicht gesättigt waren, so schließt man weiter, daß sie auch beim Durchlaufen des letzten Wegstückes unter der Stadt Salz lösen konnten, daß sich infolgedessen neue Hohlräume in der Gegend der IV. Tiefbausohle der Ottoschächte bildeten, oder daß sich vorhandene vergrößerten und infolgedessen in diesen Schlotten gewaltige Deckenbrüche eintraten, welche zunächst die erdbebenartigen Erscheinungen und später die Senkungen veranlaßten. Es ist nicht zu leugnen, daß diese Schlüsse manche Wahrscheinlichkeit für sich haben, anderseits dürfte es sehr schwer sein, sie vollkommen zu beweisen.

Der Bergbau aber, dieser Lebensquell der Stadt Eisleben, wird wohl schließlich die Schäden vergüten, und nachdem nunmehr der Betrieb auf dem Kupferschieferflöze auch in den südlichen Revieren wieder fast in vollem Umfange gesichert ist, sich auch durch die neuerdings erfolgte Erbohrung von **Kalisalzen** in der Nähe der Pumpstation am Oberröblinger See neue Aussichten für die Erzielung entsprechenden Betriebsgewinnes eröffneten, so ist zu hoffen, daß die Gegensätze, welche die letzten Jahre gezeitigt haben, sich wieder ausgleichen werden und daß der dortige Bergbau wie bisher auch in Zukunft eine Quelle des Wohlstandes für die Bevölkerung der ganzen Gegend sein wird.



224. Nieriges Roteisenerz.

Eisen und Stahl.

Zwar nicht die wertvollsten, aber die für unsere Kulturentwickelung wichtigsten Erze sind die Eisenerze, wird doch heute auf der Erde fast 30mal mehr Eisen und Stahl hergestellt, als die Menge aller übrigen erzeugten Metalle zusammengenommen beträgt. Das reichste Eisenerz mit 72 % Eisengehalt ist das **Magneteisenerz** (Magneteisenstein oder Magnetit), es besteht aus Eisenoxydoxydul. Manche Magneteisenerze sind magnetisch, an diesen natürlichen Magneten ist die Erscheinung des Magnetismus überhaupt zuerst beobachtet worden. Das Erz ist schwarz und kommt zuweilen in Oktaedern oder Rhombendodekaedern krystallisiert vor, es ist von besonderer Wichtigkeit wegen seines massenhaften Auftretens in selbständigen Lagerstätten. Namentlich auf der Skandinavischen Halbinsel zu Kirunnavaara und Gellivara im Norden und zu Grängesberg im mittleren Schweden, sowie in Rußland am Ural z. B. zu Nishnij Tagilsk finden sich ausgedehnte Ablagerungen. Die übrigen europäischen Vorkommen z. B. zu Breitenbrunn und Berggießhübel in Sachsen haben zur Zeit für die Eisendarstellung keine Bedeutung. — Ein sehr schönes Erz ist der **Eisenglanz** oder **Spekularit**, natürliches Eisenoxyd, er verdankt dem lebhaften Metallglanze seinen Namen, die Farbe ist schwarz, das Pulver jedoch bräunlichrot; hierdurch und durch die bedeutende Härte (Feldspathärte) läßt sich der Eisenglanz leicht von ähnlichen Erzen unterscheiden. Besonders schöne Krystalle, die oft in herrlichen Farben bunt angelaufen sind, kommen auf der Insel Elba vor. Derbe Erze mit bis 70 % Eisengehalt liefern namentlich Norwegen, Schweden und Rußland. Dem vorigen in der chemischen Zusammensetzung ähnlich, doch mit einem geringen Wassergehalte und zuweilen durch Beimengung von Kieselsäure und Thon verunreinigt und daher mit etwas geringerem Eisengehalte ist das **Roteisenerz** (Hämatit oder **Blutstein**), die Farbe ist bräunlichrot, das Pulver der reinen Vorkommen ist hochrot, so daß dieses Erz

auch in der Farbindustrie Verwendung findet, die unreineren erdigen Roteisenerze nennt man auch **Rötel**. Dieses Eisenerz kommt häufig mit faserigem Gefüge vor, dabei ist die Oberfläche oft eigenartig gerundet, wie es Abb. 224 zeigt, kommt hierzu ein starker Glanz, so nennt man die Erze wohl auch **Glaskopf**. Übrigens wird dichtes Roteisenerz (Blutstein) auch als Schmuckstein verschliffen (s. Schmucksteine). Auch das **Brauneisenerz (Limonit)**, in allen Schattierungen von Dunkelbraun bis Gelb vorkommend, ist ein wasserhaltiges Eisenoxyd, im reinen Zustande mit 60 % Eisengehalt, doch oft durch Kieselsäure und Thon verunreinigt, zuweilen mit einem geringen Gehalt an Phosphorsäure. Es ist ein sehr häufiges Erz und für die Eisendarstellung von großer Bedeutung, doch tritt es sehr verschieden auf und hat mancherlei Namen erhalten. Rundliche, im Inneren faserige Massen, welche der Form nach manchem Roteisenstein ähnlich sind, heißen **brauner Glaskopf**, das in moorigem Boden nahe der Oberfläche vorkommende mehr oder weniger erdige Brauneisenerz heißt **Raseneisenerz**, **Sumpf-** oder **Wiesen-eisenerz**; rundliche Körner von schaliger (oolithischer) Zusammensetzung kommen in sehr verschiedener Größe von Erbsen- bis Kopfgröße vor, sie bilden z. B. das **Seeerz**, welches vom Grunde der finnländischen Seen mittels einfacher Baggereinrichtungen gefischt wird. Derartige Erze treten auch im Juragebirge als lager- und stockartige Anhäufungen auf und werden als **Bohnerze** bezeichnet, sie kommen gewöhnlich zusammen mit rotem, eisenschüssigem Thon vor und sind z. B. bei **Delémont** im Schweizer Kanton Bern auch heute noch der Gegenstand eines wichtigen Eisensteinbergbaues. **Minette** nennt man die mächtigen Ablagerungen von oolithischen Brauneisenerzen mit kalkigem, thonigem auch kieselsaurem Bindemittel, die sich links des Rheines von Luxemburg bis Nancy erstrecken und bei dem Reichtum der benachbarten Gegenden an vorzüglichen Kohlen namentlich seit den sechziger Jahren die Grundlage einer hochentwickelten Eisen- und Stahlindustrie bilden. In Oberschlesien findet sich derbes Brauneisenerz in unregelmäßigen aber reichen Lagern; in der Provinz Hannover sind die Brauneisensteingruben der Ilseder Hütte bei **Peine** die bedeutendsten. — Endlich ist als vortreffliches leicht zu verarbeitendes Eisenerz noch das kohlensaure Eisenoxydul, der **Spateisenstein** (Siderit, Sphärosiderit) zu erwähnen, er hat im frischen Zustande erbsengelbe Farbe, die durch Verwitterung nachdunkelt und selbst ins Schwärzlichbraun übergeht. Der Spateisenstein spaltet sehr gut nach dem Rhomboeder, daher der Name, denn spätig bedeutet in der Mineralogie soviel als gut spaltend; er tritt sowohl in mächtigen Gängen auf z. B. im Nassauischen als auch in ausgedehnten Lagern, z. B. am Erzberg bei Eisenerz in Steiermark, woselbst ein großartiger Tagebaubetrieb stattfindet, und am Hüttenberg in Kärnten, wo die Gewinnung unterirdisch erfolgt. In der Steinkohlenformation kommen häufig rundliche Massen (Sphärosiderit) und auch Flöze oder Bänke eines mit thonigem Material und mit Steinkohle innig gemengten Spateisensteins vor (**Kohleneisenstein**), der bis zu 45 % Eisengehalt hat und in Westfalen und Schottland (hier **Blackband** genannt) auf Eisen verarbeitet wird.

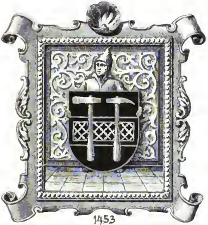
Ein großer Teil der Eisenerze enthält neben den oxydischen noch in geringen Mengen **phosphorsaure** Verbindungen, diese machen das Eisen zwar leichtflüssig, aber für viele Zwecke ungeeignet, da es spröde wird. Solche Erze wurden daher früher wenig geschätzt, man suchte überall phosphorfreie Erze. Nachdem jedoch Gilchrist **Thomas** im Jahre 1879 das basische Verfahren (siehe die zweite Abteilung dieses Bandes) ausgebildet hatte, bei welchem der Phosphor als Brennstoff verwendet und die an Phosphorsäure reiche und als Düngemittel geschätzte Thomasschlacke erzeugt wird, sind auch diese Erze begehrt.

* * *

Den großartigsten Eisensteinbergbau Europas besitzt Österreich in dem **steirischen Erzberge**, wirklich ein ganzer Berg der besten phosphorfreien Eisenerze zwischen den Orten Eisenerz im Norden und Vordernberg im Süden gelegen. Das steirische Eisen, das norische Eisen der Römer, ist berühmt von altersher; es wurde zu Hüttenberg in Kärnten und wahrscheinlich auch zu Eisenerz in Steiermark gewonnen, denn in alten Grubenbauen zu Hüttenberg und im Orte Eisenerz selbst sind römische Münzen, auch Reste römischer Bauten gefunden worden, ein Beweis, daß dort römische Ansiedelungen

bestanden. In schriftlich auf uns gekommenen Urkunden wird der Bestand des Erzbergbaues erst vom Jahre 712 an gerechnet. Auch hier hat die Sage wie so oft Wahrheit und Dichtung vereinigt. In einem hübschen Gedichte „Eisen auf immerdar“ erzählt uns Rudolf Baumbach, daß den Scharen der Germanen, die Ende des 5. Jahrhunderts der Römerherrschaft in den Alpenländern ein Ende machten, nach siegreichem Kampfe am Erzbache der Geist des Berges erschien und sie fragte:

„Sprecht, wollt ihr Gold auf hundert Jahr,
oder Eisen auf immerdar?“
— — — — — — — — — — — —
Da klirrten zusammen die Schwerter gut,
rot beronnen von Feindesblut,
und brausend rief die ganze Schar:
„Eisen, Eisen auf immerdar!“



Wappen des landesfürstlichen Marktes Eisenerz.

225.



Wappen des landesfürstlichen Marktes Vordernberg.

226.

Im Verschwinden weist die Erscheinung auf den Erzberg hin — und sicherlich, das Steierland hat Eisen auf immerdar. Das Gedicht schließt mit den Worten:

„Mein starkes Volk, du wähltest recht.
Glückauf, du eisernes Geschlecht!“

Daß auch im Mittelalter in jenen Thälern die Eisengewinnung im Vordergrunde stand, beweisen am besten die Wappen von Eisenerz und Vordernberg, welche den Orten im Jahre 1453 von Kaiser Friedrich III. verliehen wurden (Abb. 225 u. 226). Das Wappenschild von Eisenerz führt Spitz- und Breithaue nebeneinander, es wird gehalten von einem Knappen; das Vordernberger Wappen zeigt drei Bergleute, die am Erzberge die Eisenerze mit der Haue gewinnen.

Die heutige Bedeutung des Bergbaues in Eisenerz spricht sich am besten in Zahlen aus, lieferte er doch im Jahre 1896 834000 t Eisenerze, die beim Hochofenbetriebe 38—40% Eisen ergaben, das sind $57\frac{1}{2}$% der gesamten Eisenerzeugung Österreichs (ohne Ungarn). Diese gewaltigen Erzmassen werden durch Tagebau gewonnen. Kommt man von Norden her über Hieflau nach Eisenerz, so sieht man hinter dem Orte den Erzberg mit seinen mächtigen Abbausohlen liegen; namentlich, wenn zur Schußzeit das Thal von mehreren hundert Sprengschüssen, die kurz hintereinander abgegeben werden, widerhallt, ist der Eindruck ein imposanter. Seit alter Zeit wurden die Erze vom oberen Teile des Berges, welche leicht über den Präbichelpaß geschafft werden können, in Vordern-

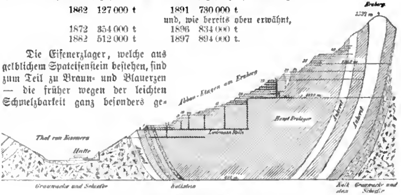
berg verhüttet, während diejenigen der tiefergelegenen Baue auf steilen Pfaden mittels des Sackzuges (s. Abb. 227) auf Gefährten, die halb einem Wagen halb einem Schlitten gleichen, in Säcken wohl verpackt zu den Schmelzöfen in Eisenerz befördert wurden. Der Besitz war früher zersplittert, viele kleine Gruben bauten neben- und übereinander, nicht immer im besten Einverständnisse der Gewerken. Die Neuzeit hat hierin vieles geändert. Der Betrieb wurde seit 1625 von den Besitzern zu Eisenerz und seit 1829 unter Vermittelung des verewigten Erzherzogs Johann von Österreich, der selbst Mitbesitzer (Radgewerke) war, auch von den Vordernberger Besitzern auf ihrem Anteile gemeinsam geführt. Seit dem Jahre 1890 ist der ganze Betrieb in der Hand der **Österreichischen Alpinen Montangesellschaft** vereinigt, die vom Jahre 1881 ab bereits den Eisenerzer Anteil besaß. Seit dem Jahre 1891 führt eine zum Teil nach Abts System als Zahnradbahn ausgebaute Eisenbahnlinie von Eisenerz nach Vordernberg über den Erzberg, sie ermöglicht die unmittelbare Verladung der Eisenerze in die Eisenbahnwagen zur Verfrachtung auf weite Entfernungen. Die Produktion ist in den letzten Jahrzehnten außerordentlich gestiegen, sie betrug:



227. Sackförderung.

1862	127 000 t	1891	730 000 t
		und, wie bereits oben erwähnt,	
1872	354 000 t	1896	834 000 t
1882	512 000 t	1897	894 000 t.

Die Eisenerzlager, welche aus gelblichem Spateisenstein bestehen, sind zum Teil zu Braun- und Blauerzen — die früher wegen der leichten Schmelzbarkeit ganz besonders geschätzt waren — umgewandelt. Sie sind (vergl. das geologische Profil, Abb. 228) in silurische Schiefer eingelagert und bilden eine ausgedehnte Mulde; über einen großen Teil des Bergabhanges stehen die Erze zu Tage an. Die heutige Abbaumethode ist ein Etagenbau; jede Etage ist zwischen 9 und 13 m hoch, und es sind etwa 40 derselben im Betriebe. Die Beförderung der Erze erfolgt mittels horizontaler Grubenbahnen auf jeder Etage, sodann wird die Förderung durch Bremsschächte und Stollen auf einige Hauptsohlen vereinigt. Auf einigen derselben geschieht die Verladung mit der Eisenbahn, von den obersten Sohlen findet der Erztransport nach den Vordernberger Eisenwerken statt, von den tiefsten Hauptsohlen werden die Hunde mit den Eisenerzen zu den Hoch-



228. Profil durch den Steirischen Erzberg.



229. Erzgewinnung im Etagentagebau am Steiermärkischen Erzberge.

öfen nach Eisenerz herabgebremst. Unsere Abb. 229 gibt einen prächtigen Blick über eine Anzahl Abbauetagen, die Ansicht ist vom Barbara-Huthause aus aufgenommen, das trefflich bewirtschaftet wird. Neben demselben ist die Barbarakapelle gelegen, welche ein Kleinod der Eisenerzer Bergleute birgt, die Wunderstufe (Abb. 230). Wie in vielen Gesteinen (vergl. auch Abb. 50, S. 44), kommen auch in dem Spateisensteine des Erzberges dendritische Bildungen vor, auf der Wunderstufe zeigen diese etwa das Bild der Jungfrau Maria mit dem Christuskinde von einem Strahlenkranze umgeben. Ähnliche Naturspiele finden sich ja auch im Geäder mancher Marmorarten. Noch einer mineralogischen Erscheinung müssen wir Erwähnung thun, es sind die „Eisenblüte“ genannten Bildungen von weißem, ästigem Aragon (Abb. 231), die auf Klüften und in größeren Hohlräumen der Eisenerze gerade hier in schönster Entwickelung gefunden werden.



230. Wunderstufe.

Der Besuch des Erzberges wird Fremden gern gestattet und durch Benutzung der Grubenbahnen erleichtert; dabei bieten sich prächtige Ausblicke auf die Hochgebirgswelt und das Thal von Eisenerz. Der Ausflug zu Fuß ist sehr lohnend, denn die Eisenbahn führt uns zu schnell an den schönsten Punkten vorüber. (A. Jugoviz, „Führer auf der Bahnlinie Eisenerz-Vordernberg und den Steirischen Erzberg“, Wien 1894.)

Auf vielen anderen großen Eisenerzlagerstätten, so zu Nishnij-Tagilsk und am Blagodat im Ural (s. Abb. 232), zu Gellivara im nördlichen Schweden auch in der Provinz Hannover auf den Eisenerzgruben der Ilseder Hütte bei Peine ist der Abbau ähnlich wie zu Eisenerz ein Etagen-Tagebau.



231. Eisenblüte von Eisenerz in Steiermark.

Die Eiseninduſtrie Finnlands beruht zum guten Teile auf dem eigenartigen und interessanten Vorkommen der sogenannten Seeerze. Es sind dies Brauneisenerze in runden Körnern von einem Durchmesser bis zu 7 mm zum Teil auch in der Form kleiner kreisrunder Scheiben von der Größe eines Zweipfennigstückes, die auf dem Grunde gewisser finnischer Seen, vermengt mit rötlichem Thone, ausgedehnte Ablagerungen bilden. Von größeren Flößen aus werden die Erze mittels lang gestielter Kescher bis aus 5 m Tiefe heraufgeholt und durch Waschen in einem Siebe von dem Thone befreit; zwei Leute holen in einem Tage etwa 1,0—1,5 cbm Erz auf, und zwar werden die Erze von größeren Flächen des Seegrundes streifenweise entnommen. Abb. 233 zeigt ein solches Erzfloß auf einem jener zahlreichen finnischen Seen, deren Grund sich vom flachansteigenden bewaldeten Ufer langsam in die Tiefe senkt. Der Mann schöpft die Erze, während die Frau sie im Siebe wäscht, das Floß ist bei der Ausführung der Arbeit an zwei starken Pfählen festgelegt und wird von Zeit zu Zeit durch Rudern um ein Stück fortgerückt. Übrigens bilden sich diese Erze im Laufe von 2—3 Jahren in solcher Menge wieder neu, daß eine abermalige Bearbeitung derselben Seeflächen lohnt; es ist dies einer der wenigen Fälle, in denen wir die Bildung von verwertbaren Mineralien in größeren Mengen beobachten können. In den letzten Jahren wurden jährlich 65—70 000 t solcher Erze gewonnen und mittels Holzkohle zu Gießereiroheisen verschmolzen. Dieses wird zum größten Teile über Petersburg nach Rußland ausgeführt.

Gegenüber dem finnländischen Kleinbetriebe rufen die ausgezeichnet durchgebildeten Mittel für Gewinnung und Beförderung großer Massen, über welche die Vereinigten Staaten von Nordamerika verfügen, um von den reichen Lagerstätten die vorzüglichen Erze bis in die weit entlegenen Kohlenreviere zu verfrachten, unsere Bewunderung wach. Am bedeutendsten ist die Produktion der fast unerschöpflichen Lager am Oberen See, deren Eisengehalt bis zu 60% beträgt. Seit 1849 sind über den See 109 Millionen t Erze verschifft worden. Begünstigt durch die weiche Beschaffenheit, lassen sich die Erze zum Teil mit dem Dampfbagger abbauen, so daß die davor stehenden, 25 t enthaltenden Eisenbahnwagen in $2\frac{1}{2}$ Minuten beladen sind. Diese fahren dann über Entfernungen bis zu 180 km auf die in das Wasser hinein gebauten mächtigen Erzstapelplätze der nördlichen Häfen Dututh, Two Harbors, Marquette, Escabana am Oberen- und Michigan-See



282. Tagebau auf Magneteisenerz bei Nishnij-Tagilsk.

und entleeren ihren Juhatt durch Bodenklappen in die je 60—150 t fassenden 4600 Taschen der aus Holz konstruierten Docks, die sich bis zu einer Höhe von 18 m über den Wasserspiegel erheben. Aus diesen wird das Erz durch eiserne Trichter in die Schiffe von 4—5000 t Fassungsraum umgeladen; angeblich sollen Schiffe von dieser Größe in 55—70 Minuten beladen werden. In den unteren Häfen, wie Cleveland, Ashtabula, Connaught u. s. w. stehen Maschinen bereit zum Ausladen, Stapeln und Einladen in die Eisenbahnwagen, die unmittelbar zu den Hochöfen fahren.

So werden z. B. Erze vom Gewinnungspunkte bis Dututh 130 km mit Eisenbahn, dann 1220 km auf dem Wasserwege bis Eteveland und von dort bis in das Kohlenrevier von Pittsburg noch 205 km mit der Eisenbahn befördert. Einschließlich des zweimaligen Umladens kommen trotz des etwa 1560 km langen Weges nur 9 Mk. Kosten auf die Tonne.

Die gesamte Eisen- und Stahlerzeugung der Erde im Jahre 1896 ist aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich; danach nehmen die Vereinigten Staaten von Nordamerika unbestritten die erste Stelle ein, während um die zweite Stelle namentlich bezüglich der Stahlerzeugung Großbritannien und Deutschland streiten.

Länder	Roheisenerzeugung Tonne	Stahlerzeugung Tonne
Vereinigte Staaten von Nordamerika	8 761 200	5 366 500
Großbritannien	8 700 200	4 306 200
Deutschland	6 361 000	4 195 000
Frankreich	2 333 700	1 160 000
Rußland	1 629 800	625 000
Österreich-Ungarn	1 130 000	520 000
Belgien	932 800	598 800
Schweden	466 400	250 600
Spanien	246 300	104 600
Übrige Länder	448 500	349 500
Summe	31 008 900	17 476 200



233. Baggern der Seeerze in Finnland.

Über die Verteilung der Deutschen Eisenerzerzeugung im Jahre 1896 auf die wichtigsten Gebiete gibt die weitere Tabelle Auskunft:

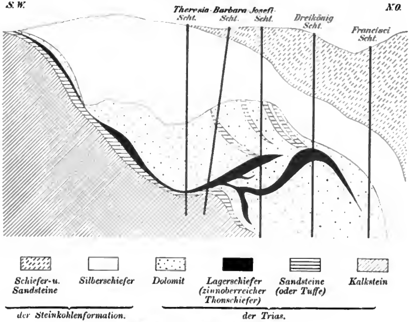
Die Eisenerzerzeugung Deutschlands im Jahre 1896.

Gebiete	Förderung Tonne	Wert Mk
Provinz Schlesien	529 600	3 050 860
„ Sachsen	41 600	182 100
„ Hannover	563 500	2 130 400
„ Westfalen	1 223 250	9 534 600
„ Hessen-Nassau	641 500	4 626 500
„ Rheinland	1 053 640	8 882 900
Summe Königreich Preußen	4 053 090	28 407 360
Königreich Bayern	161 000	657 000
Reichsland Elsaß-Lothringen	4 841 600	10 977 700
Großherzogtum Luxemburg	4 758 700	9 482 000
Übriges Deutschland	347 910	1 874 540
Hauptsumme	14 162 300	51 398 600

Außerdem werden in Deutschland erhebliche Mengen fremder, namentlich österreichischer, spanischer und schwedischer Eisenerze verhüttet.

Quecksilber.

Das einzige Metall, welches sich bei gewöhnlicher Temperatur in tropfbar flüssigem Zustande befindet, kommt auch in der Natur, wenngleich in geringen Mengen gediegen in Tropfenform vor. Bei weitem das meiste Quecksilber jedoch wird aus dem schön roten Zinnober hergestellt, dem einzigen Quecksilbererze, das sich in größerer Menge in der Natur findet, es besteht aus Schwefelquecksilber. Nur an wenigen Orten kommt der Zinnober in abbauwürdigen Lagerstätten vor; Deutschland erzeugt jetzt gar kein Quecksilber, die Quecksilbergruben der Umgegend von Zweibrücken in der Rheinpfalz stehen schon seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts außer Betrieb.



234. Profil durch die Erzlagerstätte von Idria.

Die Jahresproduktion verteilte sich 1896 folgendermaßen auf die einzelnen Länder:

Spanien	1 513 000 kg	Transport	3 184 000 kg
Ver. Staaten von Nordamerika	1 151 000 „	Mexiko	160 000 „
Österreich	520 000 „	Rußland	150 000 „
	3 184 000 kg	Italien	132 000 „
		Summe	3 626 000 kg

Das spanische Quecksilber kommt von den berühmten schon zur römischen Kaiserzeit bearbeiteten Gruben von Almaden; in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ist es fast ausschließlich Kalifornien, welches zu Neu-Almaden, Neu-Idria und Sulphurbank Quecksilbergruben besitzt. Der früher so ergiebige Quecksilberbergbau von Huancavelica in Peru ist schon seit etwa 70 Jahren außer Betrieb. Die österreichische Produktion wird zu Idria in Krain erzeugt, die italienischen Gruben liegen in Toscana. In Mexiko hat sich der Quecksilberbergbau nur langsam gehoben, trotzdem das Land an Quecksilbererzen nicht arm ist, denn zur Zeit der spanischen Herrschaft war der Quecksilberbergbau untersagt, später haben die vielen politischen Unruhen eine schnelle Entwickelung

gehindert. Die Hauptproduktionsorte sind **Guadalcazar** im Staate San Luis Potosi und **Huitzuco** im Staate Guerrero. Rußland besitzt bei **Nikitowka** im westlichen Teile des Donez-Steinkohlenbeckens ein Quecksilberwerk, welches seit etwa 10 Jahren größere Mengen des wertvollen Metalles erzeugt. Dies wird an allen Produktionsorten entweder in verschraubten eisernen Flaschen von 34,5 kg Inhalt oder in gegerbte Felle eingebunden in den Handel gebracht, der Preis, welcher seit einer langen Reihe von Jahren nur wenig schwankte, da das Haus Rothschild das Geschäft monopolisiert hat betrug im Jahre 1896 zwischen 147 und 168 Mark für die Flasche.

Die Verwendung des Quecksilbers ist außerordentlich mannigfaltig. Von großer Wichtigkeit ist es bei der Amalgamation von Gold und Silber aus den Erzen, unter den für bergmännische Zwecke dienenden Zündmitteln nehmen die mit Knallquecksilber gefüllten Zündhütchen zur Zeit den ersten Platz ein. Bekannt ist die Verwendung zu Barometern und Thermometern, auch in der Medizin wird das metallische Quecksilber ebenso wie seine Salze mehrfach verwendet. Der jetzt in der Technik benutzte Zinnober wird ausschließlich auf künstlichem Wege aus Quecksilber hergestellt. Früher wurde viel Quecksilber bei der Feuervergoldung und zur Herstellung der Spiegelbelegungen verbraucht.

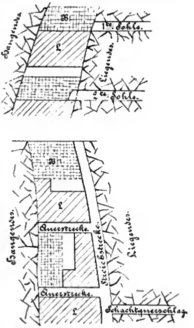
Das **Quecksilberwerk Idria**, welches ich im Jahre 1893 besuchte, liegt im westlichen Teile von Krain weitab vom Weltgetriebe an dem Flüßchen Idrija; man erreicht es am bequemsten von der Station Loitsch der Bahnstrecke Laibach-Triest auf der etwa 30 km langen in den Jahren 1857—59 erbauten Straße, die in der ersten Hälfte über die einförmige Karstlandschaft, im zweiten Teile durch die schöne Salaschlucht führt.

Idria ist Bergstadt im eigentlichen Sinne des Wortes, dem vor etwa 400 Jahren entdeckten Zinnobervorkommen verdankt sie ihre Entstehung; auch heute noch ist der Bergbau der wichtigste Erwerbszweig, er liefert dem österreichischen Staate eine sehr beträchtliche jährliche Rente. Die Grubengebäude liegen zum Teil mitten im Orte, nur die Hütte liegt abseit, flußabwärts. Die Geschichte des Bergbaues ist reich an Wechselfällen gewesen. Nachdem am 22. Juni des Jahres 1508 eine reiche Erzmasse angefahren war, gelangte der Bergbau rasch zu hoher Blüte, noch heute ist der **heilige Achatius**, dessen Namenstag auf den 22. Juni fällt, der Schutzpatron des Idrianer Bergbaues, alljährlich findet an diesem Tage das Achazifest statt. Es entstand eine größere Zahl von Gewerkschaften, die jedoch mit wechselndem Glücke arbeiteten, da man damals nur die reichsten Erze zu verwerten verstand. Auch größere Unglücksfälle blieben dem jungen Bergbaue nicht erspart, so brach im Jahre 1532 ein großer weiter Abbau, in dem man reiche Erze angetroffen und daher die gewöhnlichen Abmessungen der Baue überschritten hatte, in sich zusammen und begrub eine größere Anzahl Bergleute unter den Gesteinsmassen, noch heute heißt der Ort des Verbruches die „Totenteufe". Mit der Tiefe der Baue wurde auch hier die Gewinnung kostspieliger, der Betrieb stockte zuzeiten, es übernahm daher der Staat im Jahre 1580 den ganzen Betrieb, nachdem er schon früher Anteile an den Gruben besessen hatte. Seitdem wurde unablässig an der Vervollkommnung der Betriebsmittel, namentlich der Hüttenprozesse gearbeitet, so daß zur Zeit auch sehr arme Erze mit nur 0,25 % Quecksilber gewonnen werden können. Hierdurch hat sich wiederum der Bergbaubetrieb wegen größerer Regelmäßigkeit wesentlich billiger gegen früher gestellt. Die Betriebssicherheit wird dadurch erhöht, daß alle abgebauten Räume wieder durch Bergeversatz, der zum Teil von über Tage her in die Grube befördert wird, versetzt werden.

Eine sehr ernste Gefahr erwuchs dem Bergbaue zweimal durch hartnäckige Grubenbrände in den Jahren 1803 und 1846. Wahrscheinlich durch allmähliche Selbsterwärmung der bitumenreichen Lagerstätte trocknete die massenhaft zur Stützung der Grubenräume eingebaute Zimmerung aus und geriet dann in Brand, den man erst, nachdem alle anderen Mittel fehlgeschlagen und manches Menschenleben geopfert war, dadurch bewältigen konnte, daß man das ganze Werk mehrere Wochen unter Wasser setzte.

Das Erzvorkommen besteht zum größten Teil in fein eingesprengten Erzen, deren Auftreten an größere Gebirgsspalten gebunden ist (s. Abb. 234), es hat die Form eines unregelmäßigen Lagers; die umgebenden Gebirgsschichten gehören der **Triasformation** an. Prächtig ist der Anblick eines Ortes im zinnoberführenden Gestein, durch die Gruben-

feuchtigkeit erscheint der Lagerschiefer schwärzlichgrau, davon hebt sich das Ziegelrot des Zinnobers hell leuchtend ab. Die Abbaumethode ist **Querbau** (s. Abb. 235 u. 236): In jeder Abbausohle wird vom Schachtquerschlage aus eine Streichstrecke am Liegenden aufgefahren, von dieser aus sind Querstrecken bis an das Hangende getrieben. Die dazwischen gelegenen Teile der Lagerstätte L werden in Streifen von 2,0—2,5 m Höhe und 2—3 m Breite abgebaut, dann die entstehenden Hohlräume mit Bergen B versetzt, nur die Hauptstrecke wird offen erhalten. Ist auf diese Weise die erste Abteilung in der Sohle der Hauptstrecke abgebaut, so bricht man in die Höhe und bringt eine zweite, später eine dritte Abteilung in gleicher Weise zum Abbau. Die Förderung von den oberen Abteilungen bis auf die Streichstrecke erfolgt durch Rollen, Bremsschächte oder flache Strecken, die im Bergeversatz ausgespart werden. Zur Wetterversorgung werden Verbindungen mit der nächsten höheren Sohle hergestellt. Beim Abbau der obersten Abteilung, auf welcher der Bergeversatz B der nächst höheren Sohle ruht, ist zur Erzielung reinen Abbaues die Anwendung von Getriebezimmerung nötig. Den senkrechten Abstand der Hauptsohlen wählt man zu 10—15 m, so daß 4—6 Abteilungen von jeder Sohle aus zum Abbau gelangen. Im großen Durchschnitt ergibt 1 cbm fester Masse 30 kg Quecksilber, die Zahl der Arbeiter beträgt zur Zeit 660 Mann.



235 u. 236. Querbau (Aufriß und Grundriß).

Das Blei.

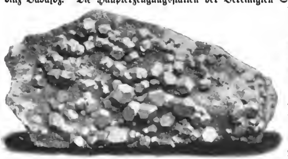
Das wichtigste Bleierz ist der **Bleiglanz**, wissenschaftlich **Galenit**, von den Bergleuten gewöhnlich schlechtweg Glanz genannt, denn es gibt kaum ein anderes Erz, das so häufig ist, in so großen Mengen vorkommt und in so lebhaftem Glanze und Schimmer erstrahlt. Der Bleiglanz krystallisiert in Würfeln, deren Ecken häufig durch die Oktaederflächen abgestumpft sind (Abb. 237); er spaltet sehr leicht, ein größeres Stück zerfällt unter dem Schlage des Hammers in viele größere und kleinere Würfel, die auf allen Flächen den lebhaftesten Metallglanz zeigen. Die Farbe ist bleigrau, die chemische Zusammensetzung 86 % Blei und 14 % Schwefel; ein, wenn auch geringer Silbergehalt, der selten über 0,2 % steigt, macht, wie bereits früher bemerkt, den Bleiglanz zu einem wichtigen Silbererze.

Als Umwandlungsprodukte des Bleiglanzes dürften die zahlreichen Bleisalze zu betrachten sein, die sich in der Zersetzungsregion, dem eisernen Hute, der Bleierzlagerstätten häufig in größeren Mengen finden, sie zeichnen sich alle durch starken Diamantglanz, schöne Krystallisation, einige von ihnen auch durch lebhafte Farben aus. Es sind die folgenden Verbindungen zu nennen: das kohlensaure Bleioxyd **Cerussit**, auch **Weißbleierz** genannt, das phosphorsaure Bleioxyd mit einem Gehalte an Chlorblei, **Pyromorphit** und nach der Farbe wohl auch als **Grünbleierz** oder **Braunbleierz** unterschieden, das schwefelsaure Bleioxyd, **Anglesit** oder **Vitriolbleierz**, von weißer Farbe, jedoch vom Cerussit durch die Krystallform unterschieden.° Schon minder häufig ist das molybdänsaure Bleioxyd, **Wulfenit** oder **Gelbbleierz** in sattgelben und rötlichgelben Farben; die schönsten, meistens tafelförmigen Krystalle liefert in Europa **Bleiberg** in Kärnten und einige benachbarte Bergbaue, außerdem kommen sehr gut ausgebildete hellrote Krystalle von **Yuma** in Arizona, Nordamerika. Der Gehalt des Gelbbleierzes an

Molybdänsäure wird zur Darstellung verschiedener Molybdänverbindungen verwendet, welche namentlich als blaue Farbstoffe geschätzt sind. Es gibt außerdem nur noch ein häufiger vorkommendes Molybdänerz, nämlich das Schwefelmolybdän, mineralogisch **Molybdänglanz**, es findet sich in größeren Mengen auf Gängen in Telemarken im südlichen Norwegen. Zu den selteneren Bleisalzen gehört das chromsaure Bleioxyd, wegen seiner tiefroten Farbe **Kallochrom** oder **Rotbleierz** genannt.

Von den durch ihre Krystallform interessanten Schwefel-Antimonverbindungen des Bleies ist am wichtigsten der **Bournonit**, der wegen seiner eigenartigen Viellingskrystalle auch **Rädelerz** heißt, er enthält etwas Kupfer.

Über die Höhe der **Bleiproduktion** gibt die beigedruckte Zusammenstellung Auskunft, danach ist Spanien der größte Produzent an Blei, die wichtigsten Grubendistrikte sind **Carthagena** und **Mazarron** in der Provinz Murcia, **Linares** in der Provinz Jaen, die **Sierra Almagrera** in der Provinz Almeria und **Peñarroya** in der Provinz Badajoz. Die Haupterzeugungsstätten der Vereinigten Staaten von Nordamerika liegen in Colorado (Leadville), in Missouri, Kansas, Idaho und Utah. Die Verteilung der deutschen Bleierzeugung ist in einer besonderen Übersicht zusammengestellt, dabei ist beachtlich, daß neben deutschen Erzen auch beträchtliche Mengen ausländischer, namentlich überseeischer silberhaltiger Bleierze zur Verarbeitung gelangen. Österreichs wichtigste Bleigruben sind **Pribram** und **Mies** in Böhmen, **Raibl** und **Bleiberg** in Kärnten, in Ungarn erzeugen **Schemnitz** und **Nagybanya** das meiste Blei.



237. Bleiglanz in Krystallen.

Neben der Geschmeidigkeit, welche das Pressen von Rohren und das Walzen von Blechen gestattet, ist es seine Widerstandsfähigkeit gegen Säuren, die dem Blei in der chemischen Industrie eine bedeutende Anwendung sichert. Die Legierung von Blei mit Antimon ist unter dem Namen **Hartblei** bekannt, sie dient zu Geschossen und ebenfalls wie das reine Blei (Weichblei) zu Rohren und Blechen, das Metall der Buchdruckerlettern besteht aus Blei mit etwa 20% Antimon, doch kommen auch andere Legierungen vor, welche viel Zinn und Zink enthalten. Die **Weichlote** der Klempner sind aus Zinn und Blei in verschiedenen Verhältnissen zusammengesetzt, wodurch der Schmelzpunkt sich ändert, für sehr leichtflüssige Lote dient ein Zusatz von Wismut.

Der Preis für 1 Doppelzentner Blei ist von etwa 40 Mark in den siebziger Jahren bis auf etwa 20 Mk. im Jahre 1895 gesunken, hat sich aber seitdem wieder etwas gehoben.

Gesamtproduktion an Blei im Jahre 1895.

Länder	Produktionsmenge t	Länder	Produktionsmenge t
		Transport	619 900
Spanien	160 800	Belgien	15 600
Vereinigte Staaten	142 300	Kanada	10 500
Deutschland	111 100	Österreich-Ungarn	10 400
Mexiko	80 000	Frankreich	ca. 8 500
Großbritannien	55 300	Schweden	1 300
Australien	30 200	Japan	ca. 1 000
Italien	20 400	Rußland	ca. 800
Griechenland	19 800		
	619 900		668 000

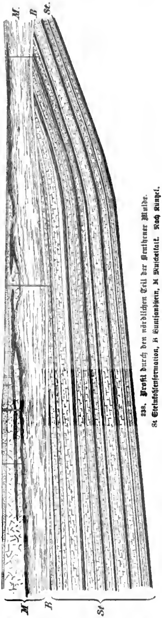
Verteilung der Bleiproduktion Deutschlands auf die einzelnen Landesteile im Jahre 1897.

Rheinland-Westfalen	76 256 t
Schlesien	23 558 „
Der Harz	15 033 „
Freiberg	6 015 „
Anhalt	1 845 „
Außerdem	355 „
	123 062 t

* * *

In der Art ihres Vorkommens allein dastehend sind die Knottensandsteine von Commern und Mechernich in der Rheinprovinz und von Saint-Avold bei Saarlouis in Lothringen. Der Knottensandstein, welcher geologisch dem Buntsandstein angehört, ist ein weißlicher Sandstein mit 1—8 mm großen Körnchen von Bleiglanz und Cerussit, der in Bänken bis zu 7 m Mächtigkeit auftritt und über große Flächen, bei Mechernich über etwa 16 qkm verbreitet ist. Der Bleigehalt, welcher im Rheinland nur ausnahmsweise 1,5 % Blei im Roherze überschreitet, kann durch Aufbereitung leicht angereichert werden; auch der geringe Silbergehalt, in 1 t Blei etwas über 200 g, kann ausgebracht werden. Ähnlich wie der im Abschnitte Kupfer ausführlich geschilderte Betrieb auf dem Mansfelder Kupferschieferflöze bietet auch dieser Bergbau ein Beispiel dafür, daß der Abbau auch sehr armer Erze lohnend ist, wenn große Massen derselben gewonnen werden können. Der Abbau geschah lange Jahre hindurch ausschließlich durch großartige Tagebaue, mit dem Einfallen der Lagerstätte und dem Mächtigerwerden des Deckgebirges ist man jedoch in neuerer Zeit auch zum Tiefbau übergegangen. Es werden jährlich mehrere 100 000 cbm Erze abgebaut, zum Abdecken des Abraumes, der etwa das Doppelte der Erzmenge betrug, dienten gewaltige Trockenbagger. Die Bleiproduktion der preußischen Gruben belief sich 1895 auf über 33 000 t gewaschener Bleierze im Werte von $2^1/_4$ Millionen Mk.; das ist etwa $^1/_4$ des Wertes der gesamten preußischen Bleiproduktion.

Außerdem fördern im Bezirk des Oberbergamtes Bonn mehrere Gruben erhebliche Mengen Blei von eigentlichen Bleigängen. Auch die am Harz, in Freiberg und im Herzogtum Anhalt erzeugten Bleimengen stammen, soweit nicht überseeische Erze zur Verhüttung gelangen, von Erzgängen.



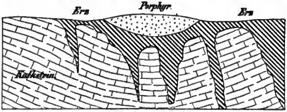
238. Profil durch den nördlichen Teil der Beuthener Mulde. St Steinkohlenformation, B Buntsandstein, M Muschelkalk. Nach Kunpel.

Mit vollen Händen hat die Natur in der Umgegend von Beuthen dem Bergmanne ihre Gaben gespendet, in ausgedehnter Ablagerung finden sich vorzügliche Steinkohlen in fast unerschöpflicher Menge. Während die Flöze weiter im Süden zu Tage ausstreichen oder nur von dünner Decke tertiärer Schichten überlagert sind, ist die Steinkohlenformation in der Umgebung von Beuthen selbst (s. das Profil Abb. 238)

von einer bis zu 200 m mächtigen Schichienfolge des Buntsandsteins und des Muschelkalkes bedeckt. Der letztere führt auf weite Erstreckungen zwar unregelmäßig entwickelte, aber oft zu bedeutender Mächtigkeit anschwellende Lager von Erzen. Nahe dem Ausstriche kommt neben Eisenerzen Galmei vor bis zu 15 m mächtig, in größerer Tiefe teilt sich die Ablagerung in zwei getrennte Bänke, die Bleiglanz und Zinkblende führen und bis zu 3 ja selbst 4 m mächtig sind. Die glückliche Vereinigung von Erzen und Kohle hat hier einen bedeutenden Mittelpunkt berg- und hüttenmännischer Industrie erstehen lassen.

Die Abbaumethode auf den mächtigen Galmeiablagerungen ist **Bruchbau**, man legt nach und nach mehrere Sohlen untereinander an; nachdem von der obersten aus etwa 3 m Abbauhöhe gewonnen sind, läßt man das Hangende zu Bruche gehen und geht mit der nächsten Sohle vor, um auch von dieser aus weitere 3 m auszuhauen; so folgen der Reihe nach bis zu vier und fünf Bauhöhen untereinander. Wenn auch die Steinkohlen- und Zinkproduktion Oberschlesiens sowohl der Menge als auch dem Werte nach die Bleiproduktion wesentlich übertrifft, so ist die letztere doch noch sehr beachtlich, und das auf der **Friedrichshütte bei Tarnowitz** hergestellte Blei zählt zu den besten Marken.

Einer der bedeutendsten Bleierzbaue Nordamerikas ist **Leadville** (deutsch Bleistadt) in Colorado im Thale des Arkansasflusses. Im Jahre 1877 wurden die Lagerstätten in etwa 3000 m Seehöhe entdeckt und gelangten sehr bald zu hoher Bedeutung. Die Bleierze finden sich auf unregelmäßigen Kontaktlagerstätten im Kalkstein in der Nähe von Durchbrüchen und unter Decken eruptiver Gesteine (s. Abb. 239), zum Teil sind es Höhlenausfüllungen, zum Teil lagerförmige Bildungen; durch eine größere Zahl von Verwerfungen sind die Lagerstätten zerrissen. In den oberen Teufen kamen in großen Mengen Weißbleierze vor, wohl das bedeutendste Vorkommen dieser Art (selbst Broken Hill in Südaustralien hat nicht so gewaltige Mengen dieser Erze geliefert) sie waren mit Haloidsalzen des Silbers gemengt; unter der Zersetzungszone folgten dann silberhaltige Schwefelverbindungen: Bleiglanz, Schwefelkies, Zinkblende.



239. Profil durch Leadville.

Leadville ist ein treffliches Beispiel jenes ungemein schnellen Anwachsens der Bevölkerung mitten im wilden Gebirge, nachdem einmal die Aufmerksamkeit der Welt auf die Schätze der Erde gelenkt war. Die heutige Stadt, welche im Jahre 1877 nur ein unbedeutender Weiler mit etwa 200 Einwohnern war, zählte im Jahre 1879 bereits 15 000 Seelen. Der größte Teil der Erze hatte neben einem hohen Bleigehalte bis zu 0,8 % Silber und auch Spuren von Gold. In den ersten sieben Jahren des Bergbaues 1877—84 betrug die Produktion über 3000 kg Gold, mehr als 1½ Mill. Kilogramm Silber und fast 300 000 t Blei im Gesamtwerte von etwa 400 Millionen Mark. Doch vielleicht wichtiger noch als die Erzeugung so bedeutender Werte, war der indirekte Einfluß des Bleierzbergbaues zu Leadville auf die Silberproduktion des nordamerikanischen Westens, weil diese reichen Bleierze es gestatteten, von der bis dahin noch sehr verbreiteten Amalgamation auch der geschwefelten Silbererze zur sogenannten Verbleiung d. h. Verschmelzen mit den leichtflüssigen Bleierzen und Ansammeln des Silbers und Goldes im Blei überzugehen. Das letztere Verfahren gewährte außerordentliche Vorteile durch niedrigere Produktionskosten und vollständigere Gewinnung des in den Erzen enthaltenen Silbers, die sich am besten ziffernmäßig daraus ergeben, daß die Silberbezahlung der Hütten an die Gruben, welche im Jahre 1874 nur 54 % des Silbergehaltes betragen hatte, bis zum Jahre 1889 auf 84 % stieg (nach Eduard Süß, die Zukunft des Silbers).

Zink.

Zinkerze finden sich in der Natur in großen Mengen. Schon den alten Kulturvölkern war der Galmei bekannt, er wurde zur Messingdarstellung verwendet. Jetzt versteht man unter der Bezeichnung Galmei zwei verschiedene Erze, nämlich das kohlensaure Zinkoxyd, Smithsonit oder Zinkspat, und das wasserhaltige kieselsaure Zinkoxyd, Calamin oder Kieselzinkerz, beide kommen häufig zusammen vor. Erst in neuerer Zeit hat man auch angefangen, aus dem Schwefelzink, der Zinkblende oder Blende, das Metall im großen darzustellen. Während der Galmei meistens derb in gelblichen bis bräunlichen Massen vorkommt und recht unscheinbar aussieht, tritt die Zinkblende häufig in krystallinischen Massen auf, die nach dem Rhombendodekaeder spalten, auch Krystalle sind nicht selten. Reines Schwefelzink ist weiß; die Zinkblende enthält immer andere Schwefelmetalle, namentlich Schwefeleisen beigemengt, die Farbe ist hierdurch gelb, grün, braun bis tiefschwarz. Das Zinkoxyd, Zinkit oder Rotzinkerz, schön blutrot, kommt nur an wenigen Orten in größeren Mengen vor, z. B. im Staate New Jersey, Nordamerika, die rote Farbe ist ebenfalls nicht dem Zinkoxyd eigentümlich, sondern rührt von Beimengungen von Oxyden des Mangans und Eisens her.

Die Zinkproduktion ist in den letzten Jahren fortlaufend gestiegen, sie belief sich im Jahre 1896 auf etwa 423 900 t, deren Verteilung auf die einzelnen Produktionsgebiete aus der beigefügten Tabelle ersichtlich ist:

Zinkproduktion im Jahre 1896.

Land	metr. Tonnen	Bemerkungen
Rheinland, Belgien und Holland	182 587	davon allein 68 680 t auf den Werken der Vieille Montagne.
Schlesien	97 409	
Großbritannien	25 278	
Frankreich und Spanien	28 906	
Österreich	9 403	
Polen	6 264	
Europa	349 847	
Nordamerika	74 065	
Hauptsumme	423 912	zum durchschnittlichen Preise von 333 Mark.

Der größte Teil des Zinks wird zu Blechen gewalzt, ferner ist die Verwendung des Zinkstaubes bei der Indigodarstellung und des Zinkweiß als Anstrichfarbe zu erwähnen.

In der Zinkblende kommen in geringen Mengen die seltenen Metalle Indium und Kadmium vor. Das Indium wurde in der schwarzen Freiberger Zinkblende von Reich und Richter entdeckt, sein Spektrum zeigt eine schöne dunkelblaue Linie. Aus der oberschlesischen Zinkblende werden seit einigen Jahren jährlich einige Tonnen Kadmium dargestellt, welches zum Preise von über 2000 Mark für 100 kg in den Handel gebracht wird. Beide Metalle haben nur wissenschaftliches Interesse.

Die übrigen Metalle und Erze.

Zinn wird nur aus dem natürlichen Zinnoxyd, dem Zinnerz oder Zinnstein, hüttenmännisch dargestellt. Das Zinnerz, gewöhnlich braun an Farbe, findet sich in schönen Krystallen und zwar nicht nur eingewachsen auf den ursprünglichen Lagerstätten, sondern auch häufig lose in Seifen, namentlich diese losen Krystalle werden auch Zinngraupen genannt. Es kommt nur an verhältnismäßig wenig Fundorten vor; schon lange sind die Zinnerze von Cornwall (England), in der spanischen Provinz Galicien und im sächsisch-böhmischen Erzgebirge zu Altenberg, Ehrenfriedersdorf und Geyer auf sächsischer Seite, zu Zinnwald (einem Grenzdorfe), Schlaggenwalde und Graupen in Böhmen bekannt. In Cornwall ist der Bergbau schon bis über 800 m in die Tiefe

vorgedrungen, es scheint, als ob auf den dortigen Gängen in dieser Region der Zinngehalt abnimmt und sich dafür Kupfer einstellt. Die erzgebirgischen Lagerstätten werden wegen der Armut des Vorkommens nur noch wenig bearbeitet, seitdem durch die massenhafte Ausbeutung von Zinnseifen in Ostindien und zwar auf der Halbinsel Malakka (zu Großbritannien gehörige Kolonie Straits Settlements) und den Inseln Banka, Billiton und Karimon sowie durch die australischen Vorkommen der Zinnpreis erheblich gesunken ist. Die größten Zinnhütten der Welt bestehen zur Zeit auf der kleinen Insel Pulo Brani im Hafen von Singapore, mit einer Jahreserzeugung von ungefähr 15 000 t. Im Jahre 1895 lieferten von der Weltproduktion in Höhe von 77 000 t die Straits Settlements allein 47 000 t. Namentlich infolge des Anwachsens der dortigen Erzeugung ist der Zinnpreis, der noch im Jahre 1890 1880 Mark für 1 t betrug, bis auf 1200 Mark im Jahre 1896 gefallen, erst im Jahre 1898 begann er sich etwas zu heben.

Die Chrom-, Wolfram- und Manganerze sind für die Eisen- und Stahlindustrie von Wichtigkeit, da geringe Mengen den eigentlichen Eisenerzen hinzugefügt, dem Stahl eine größere Härte und Festigkeit geben. Als Chromerz kommt nur der Chromit (Chromeisenstein) in Frage, ein dem Magneteisenerze sehr ähnliches Mineral, welches auch für die Darstellung gelber, roter und grüner Farben vielfach verwendet wird. Von Wolframmineralien kommen in größerer Menge zwei vor, nämlich der Wolframit, eine Verbindung der Wolframsäure mit Eisen und Mangan, der Hauptfundort in Europa ist Zinnwald, welches bereits unter den Produktionsstätten des Zinnerzes genannt wurde, außerdem wird Wolframit in Cornwall und in geringen Mengen auch in Neuseeland und Australien gewonnen. Der Scheelit (wolframsaurer Kalk, auch Scheelspat oder Tungstein genannt) kommt nur in Connecticut, Nordamerika, in so großen Mengen vor, daß er zur Darstellung von Wolframsäure benutzt werden kann. Häufiger und allgemeiner als die Chrom- und Wolframerze werden die Manganerze, namentlich auch in der chemischen Industrie zur Darstellung von Sauerstoff und Chlor, verwendet, sie sind sämtlich von eisenschwarzer Farbe und werden in Deutschland besonders am Harz und Thüringer Wald gewonnen. Am meisten wird der Braunstein oder Pyrolusit, das natürliche Mangansuperoxyd benutzt, untergeordneter das Mangansuperoxydhydrat Psilomelan oder Hartmanganerz, und das Manganoxydhydrat, der Manganit. Die bedeutendste Menge Manganerze, über die Hälfte der Gesamtproduktion, kommt aus Rußland vom Kaukasus. Auch Chile, Deutschland und Frankreich liefern größere Mengen. Die Produktion des Jahres 1895 erreichte etwa 500 000 t zum mittleren Preise von etwa 35 Mark.

Nickel und Kobalt (Kobold) sind ursprünglich Schimpfnamen für gewisse Erze gewesen, die im sächsisch-böhmischen Erzgebirge, namentlich zu Annaberg, Schneeberg und Joachimsthal zusammen mit den Silbererzen vorkamen und deren Verschmelzung erheblich erschwerten und verteuerten. Erst als der Silberbergbau in diesen Revieren sich bereits zu hoher Blüte aufgeschwungen hatte, erkannte man die stark blau färbende Eigenschaft des Kobaltoxydes. Schon 1533 sollen bei Platten in Böhmen durch Kobaltoxyd gefärbte Gläser hergestellt worden sein, in Sachsen wurde 1649 oberhalb Annaberg die erste Blaufarbenmühle errichtet. Man nennt das durch Kobalt tiefblau gefärbte, gemahlene und geschlämmte Glas Smalte, es spielt in der Porzellanindustrie eine große Rolle, unter anderem wird das bekannte blaue Zwiebelmuster der Königlich Sächsischen Porzellanmanufaktur zu Meißen, ebenso wie das Blau der Delfter Prozellane, mittels Kobaltoxyd hergestellt. Das Nickel, welches im Jahre 1779 als neues Metall erkannt wurde, gelangte erst in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts infolge Erfindung nickelhaltiger Metalllegierungen, des Argentans und anderer, zu industrieller Verwendung; der stärkste Verbrauch an Nickel und damit eine wesentliche Erhöhung des Preises trat ein, als es Münzmetall wurde (1850 in der Schweiz, 1857 in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, 1860 in Belgien, 1871 in Deutschland). Zur Zeit werden bedeutende Mengen bei der Herstellung von Nickelstahl verwendet, der sich durch wesentlich größere Festigkeit vor dem gewöhnlichen Stahl auszeichnet. Nickel- und Kobalterze kommen gewöhnlich zusammen vor, sie sind mit Ausnahme des zuletzt genannten Garnierit

Schwefel- und Arsenverbindungen. Die häufigsten Kobalterze sind Smaltin oder Speiskobalt und Kobaltin oder Glanzkobalt, beide silberweiß, das letztere mit einem Schein ins Rötliche, von Nickelerzen sind zu nennen Rotnickelkies oder Nickelin, Cloanthit und Rammelsbergit (beide Mineralien haben dieselbe chemische Zusammensetzung, krystallisieren aber verschieden), auch unter dem gemeinsamen Namen Weißnickelkies bekannt, und Gersdorffit oder Graunickelkies. Zuweilen sind auch die unter den Schwefelerzen zu nennenden Mineralien Schwefelkies und Magnetkies nickelhaltig, auf derartigem Vorkommen beruht die bedeutende Nickelproduktion in Sudbury in Kanada. Neuerdings wird zu Numea auf Neukaledonien ein Nickelmineral von schöner hellgrüner Farbe (nach seiner chemischen Zusammensetzung kieselsaure Nickeloxyd-Magnesia) der Garnierit oder Numeait in sehr erheblichen Mengen gewonnen. Die jährliche Produktion an metallischem Nickel beträgt zur Zeit etwa 7 Millionen kg zum Preise von $2^1/_2$—3 Mark.

Wismut wird im großen nur aus dem gediegenen Wismut und dem Bismutit oder Wismutocker, einer kohlensauren wasserhaltigen Verbindung, hergestellt und als Metall zusammen mit Blei und Zinn zu leichtflüssigen Legierungen verwendet. Wismutsalze werden in der Arzneikunde und manchen Industriezweigen benutzt. Der Preis für Wismut ist in den letzten Jahren infolge der Einfuhr reicher überseeischer Erze erheblich gefallen, er betrug im Jahre 1896 6,5 Mark für 1 kg.

Das Uran wird in der Farbenindustrie benutzt, es kommt nur ein Uranmineral in größeren Mengen vor, nämlich das Uranpecherz (Uranoxydoxydul). Schneeberg in Sachsen und Joachimsthal in Böhmen liefern die größten Mengen für den europäischen Markt.

Das zu chemischen und pharmazeutischen Zwecken benutzte Molybdän kommt, wie bereits weiter oben erwähnt, außer in dem unter den Bleierzen aufgeführten Gelbbleierze nur noch als Schwefelmolybdän im Molybdänglanz vor.

Erst vor wenigen Jahren ist das Aluminium in die Reihe der Industriemetalle neu eingetreten, und es müssen daher hier auch diejenigen beiden Mineralien kurz erwähnt werden, aus denen dieses leichte silberweiße Metall (sein Eigengewicht beträgt nur 2,8) im großen dargestellt wird. Zuerst wurde ausschließlich der Kryolith (das Fluorid des Aluminiums und Natriums), ein weißes, durchscheinendes, gut spaltendes, Mineral verwendet, das in größeren Mengen nur an der Südwestküste Grönlands zu Ivigtut (auch Evigtok geschrieben) vorkommt und seit dem Jahre 1857 in größeren Mengen gewonnen wird. In jedem Frühjahre werden etwa 100 dänische Arbeiter dorthin befördert, um vier Monate lang der Gewinnung des Kryoliths obzuliegen. Noch wichtiger ist zur Zeit der Bauxit (Thonerdehydrat) nach dem ersten Fundorte in Frankreich Baux, Departement Bouches du Rhone, benannt; er wird jedoch noch an mehreren Fundorten in Frankreich abgebaut, und auch Nordamerika besitzt in Alabama, Georgia und im Yellowstone Park reiche Lager. Bauxit dient übrigens auch zur Herstellung sehr feuerfester Schmelztiegel und Steine. Der Preis für Aluminiummetall, der noch im Jahre 1870 für 1 kg über 100 Mark betrug, steht in Deutschland seit dem Jahre 1891 auf etwa 4 Mark, seitdem in Neuhausen die bekannte Aluminiumfabrik bedeutende Mengen (im Jahre 1895 750 000 kg) durch elektrisches Schmelzverfahren darstellt (vgl. den 2. Teil dieses Bandes).

Auch die natürlichen Verbindungen jener seltenen Stoffe, welche jetzt gewöhnlich nach den zur Herstellung der sogenannten Strümpfe für das Glühlicht am häufigsten benutzten Metallen die Thorium-Cerium-Gruppe genannt werden, müssen bei der in den allerletzten Jahren so bedeutend gesteigerten Nachfrage unter den Erzen einen Platz erhalten. Am häufigsten ist der Monazit, ein gelbliches Mineral von dem hohen spezifischen Gewicht 5, es kommt gemengt mit anderen Mineralien, von denen es sich mechanisch nur schwer trennen läßt, in Seifenablagerungen vor und zwar in Nord-Carolina (Vereinigte Staaten) und merkwürdigerweise im Seesande bei Bahia in Brasilien. Die Thorium-Mineralien waren bis vor kurzem mineralogische Seltenheiten, der Preis für 1 kg reines Thoriumnitrat betrug 1895 noch 400 Mk., durch die erhöhte Produktion ist derselbe jedoch erheblich gesunken und beträgt jetzt (Januar 1897) etwa 55 Mk. Die Ge-

winnung an Monazitsand ergab im Jahre 1893 nur 65000 kg stieg jedoch im Jahre 1894 bereits auf 375 000 kg.

Schwefel und Schwefelsäure werden zum Teil aus dem natürlichen Schwefel, der zuweilen in schönen großen schwefelgelben Krystallen vorkommt z. B. zu Girgenti, Sizilien, häufiger aus den Schwefelverbindungen des Eisens, dem Schwefelkies (Eisenkies, Pyrit), dem Strahlkies (Speerkies, Leberkies, Markasit) und dem Magnetkies erzeugt. Der Schwefelkies ist ein sehr häufiges Mineral, wegen seiner speisgelben, zum Teil ins Goldgelbe spielenden Farbe ist er von Laien schon häufig für Gold gehalten worden, er ist leicht davon zu unterscheiden, da ihm die Geschmeidigkeit des Goldes fehlt, auch ist er so hart, daß er vom Messer kaum geritzt wird, und das Pulver des Schwefelkieses ist bräunlichschwarz. An vielen Orten kommen schöne Krystalle vor, meistens Würfel und Pentagondodekaeder, am bekanntesten dürften diejenigen von der Insel Elba sein. Der Strahlkies hat mit dem Schwefelkies die gleiche chemische Zusammensetzung, beide sind Doppeltschwefeleisen, er kommt aber in anderen Krystallformen, nämlich solchen des rhombischen Systems vor und zwar vorwiegend in den Thonen des jüngeren geschichteten Gebirges. Der Magnetkies ist bronzegelb, er ist schon seltener als die vorigen, übrigens ist er schwach magnetisch. Überall da, wo diese Mineralien in größeren Mengen vorkommen, werden sie zur Darstellung von Schwefelsäure verwendet. Sehr beachtlich ist, daß der Schwefelkies nicht selten Gold und Silber in geringen, aber gewinnbaren Mengen enthält, auch ist er häufig mit Kupferkies derart durchwachsen, daß dieses Kupfer den Hauptwert der Lagerstätte darstellt, das ist z. B. der Fall bei den Kieslagern der Gegend von Rio Tinto im südlichen Spanien (vgl. S. 172) und in den Kiesstöcken von Falun in Schweden. An beiden Orten wird seit Jahrhunderten Bergbau getrieben. Die jährliche Metallerzeugung Faluns beträgt etwa 500 t Kupfer, 400 kg Silber und 70 kg Gold.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf die Schwefelgewinnung. Sizilien ist es, welches seit den ältesten Zeiten die bedeutendsten Mengen an Schwefel dargestellt hat, denn während man den Gesamtverbrauch an Schwefel in der ganzen Welt auf jährlich gegen 500000 t schätzt, erzeugt Sizilien hiervon etwa 400000 t. Leider sind die Preise auch dieses Minerals in den letzten Jahren erheblich gesunken, 1874 kostete die Tonne sizilianischen Schwefels in den Hafenorten noch 150 Lire (120 Mark), während jetzt nur noch 70 Lire (56 Mark) gezahlt werden. Durch diesen Preissturz sind die Grubenbesitzer in üble Lage gekommen, der Betrieb ist nicht mehr lohnend, zumal der Besitz sehr zersplittert ist und sowohl der Grubenbetrieb, als auch die Verhüttung an vielen Orten sehr weit davon entfernt sind, auf der Höhe der modernen Technik zu stehen. Vielfach wird das Erz noch auf dem Rücken der Arbeiter zu Tage gefördert, es fehlt in den Gruben an guten Abbaumethoden, so daß viel Erz verloren geht, infolgedessen sind die Gestehungskosten hoch und der Ertrag ist sehr zurückgegangen. Es ist noch in frischer Erinnerung, daß die Schwefelarbeiter, nahezu 33000 an Zahl, unzufrieden mit den gedrückten Löhnen, der italienischen Regierung manche Sorgen bereitet haben und daß vielfach mit bewaffneter Macht gegen dieselben vorgegangen werden mußte. Die sizilianischen Schwefellagerstätten finden sich zum größten Teile am Südabhange des Gebirgszuges, der von Messina im Nordosten bis nach Marsala im Westen die ganze Insel durchzieht, und zwar sind es Schichten im tertiären Gebirge, in denen sich der Schwefel mehr oder weniger mit Kalkstein und Gips gemengt findet, der rohe Schwefel ist gewöhnlich braun, von harzigem Aussehen. Es werden noch Erze mit 8 % Schwefel verarbeitet, der mittlere Gehalt beträgt etwa 20 %, solche mit 40 % Schwefel gelten als sehr reich.

Die Verwendung des Schwefels ist sehr mannigfach. Reiner Schwefel wird zur Behandlung der Weinstöcke namentlich in Frankreich verbraucht, ein großer Teil der Schwefelproduktion dient vornehmlich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zur Schwefelsäuredarstellung, in der Pulver- und Feuerwerksindustrie werden große Mengen Schwefel verwendet, auch die Gummiindustrie bedarf des Schwefels zum sogenannten Vulkanisieren des Kautschuks, endlich dient Schwefel zur Bereitung von Schwefelkohlenstoff, einer hellen übelriechenden Flüssigkeit, die durch ihr Vermögen, Schwefel und Phosphor, auch Fette und Harze zu lösen, in der Industrie viel gebraucht wird.

Außer im geschichteten Gebirge kommt der Schwefel zuweilen auch als jüngere Bildung an Vulkanen vor, so am Popocatepetl in Mexiko, wo regelmäßig kleinere Mengen gewonnen werden. Neuerdings sind sehr bedeutende und reiche Ablagerungen an einem noch thätigen Vulkan an der Ostküste der zu den Neuen Hebriden gehörigen Insel Tanna aufgefunden worden, deren Ausbeutung für die pacifische Küste Amerikas, für Australien und Neuseeland von großer Bedeutung werden dürfte.

Ganz kurz sei hier noch daran erinnert, daß aus den bei der Sodafabrikation fallenden Rückständen nach einem von Schaffner angegebenen Verfahren große Mengen von Schwefel hergestellt werden.

Zur Darstellung der Arsenverbindungen kommt das gediegene Arsen kaum in Frage, da es in zu geringen Mengen vorkommt, dagegen werden der Arsenkies, eine Verbindung von Doppeltschwefeleisen und Doppeltarseneisen, und die Schwefelarsenverbindungen Realgar und Auripigment in großen Mengen benutzt. Der Arsenkies ist ein silberweißes Mineral, welches sich in derben Massen nur durch chemische Untersuchung vom Speiskobalt und Weißnickelkies, die übrigens beide wertvoller sind, unterscheiden läßt. Auripigment und Realgar, auch Rauschgelb und rotes Rauschgelb genannt (von dem Rosso gelo der Italiener), gehören zu den schönsten Mineralien, Auripigment ist pomeranzgelb, Realgar lichtrot, beide sind so weich, daß sie sich schon mit dem Fingernagel ritzen lassen, schmelzen an der Lichtflamme und brennen dann fort unter Erzeugung eines übelriechenden weißlichen Rauches. In Deutschland findet die fabrikmäßige Darstellung von Arsenikalien besonders in Freiberg in Sachsen und in Reichenstein in Schlesien statt, auch die Arsenhütte zu Bovisa in Italien erzeugt größere Mengen.



240. Antimonglanz in säuligen Krystallen aus Japan. (1/3 natürl. Größe.)

Es gibt nur ein Antimonmineral, nämlich den Antimonglanz, auch Antimonit oder Grauspießglaserz genannt, weil er in sehr schönen großen länglichen Krystallen vorkommt. Abb. 240 zeigt eine schöne Krystallgruppe aus Japan. Die Legierung des metallischen Antimons mit Blei kommt unter dem Namen Hartblei in den Handel (vergl. S. 192). Die Hauptproduktionsländer für Antimon sind jetzt Frankreich, Japan und Neusüdwales, die Produktionsmengen haben in den letzten Jahren zwischen 12 und 15000 t Antimonerzen geschwankt, die Preise für 1 t Antimonmetall bewegten sich in den weiten Grenzen zwischen 600 und 1560 Mark.

Die Aufbereitung der Erze.

Nur ein kleiner Teil der Erze wird in der Natur in einem solchen Zustande gefunden, daß die hüttenmännische Verarbeitung lohnend ist, oder man könnte auch umgekehrt sagen, unsere hüttenmännischen Prozesse stehen zur Zeit auf einer Stufe der Entwickelung, daß nicht alle Roherze ohne weiteres mit Vorteil verarbeitet werden können, denn das Ausbringen an Metall muß die Kosten des Hüttenprozesses mindestens decken. Es gibt daher eine Grenze, unter die der Metallgehalt der Erze nicht sinken darf, um eine rentabele Verhüttung zu ermöglichen.

Diejenigen Arbeiten, welche der Bergmann unter Umständen vornehmen muß, um aus den Rohprodukten des Bergbaues verkäufliche und verhüttbare Produkte darzustellen, fassen wir unter dem Begriff „Aufbereitung“ zusammen. Gerade beim Erzbergbau sind diese Arbeiten sehr mannigfaltig, während sie im Kohlenbergbau in der Regel einfacher sein können.

Der Hüttenmann vermag z. B. verhältnismäßig arme Golderze bis zu 10 g Gold, das sind 0,001 %, ja noch etwas weniger in 1 t Erz, auf nassem Wege zu verhütten, und aus Silbererzen, die 600 g in 1 t Erz das sind 0,06 % Silber enthalten, läßt sich selbst bei den heutigen niedrigen Preisen das Silber mit Vorteil ausbringen. Ärmere Erze müssen durch die Aufbereitung angereichert werden. Quecksilbererze mit etwa 0,25 % Quecksilber lassen sich noch mit Gewinn verarbeiten, dagegen müssen Eisen-, Blei- und Zinkerze einen sehr viel höheren Gehalt haben, wenn das Verschmelzen lohnen soll. Insbesondere müssen Zinnerze für den Schmelzprozeß sehr rein aufbereitet werden. Auch ist zu beachten, daß es zwar möglich ist, Gold, Silber und Blei oder Silber und Kupfer aus **einem** Erze durch denselben hüttenmännischen Prozeß zu gewinnen, daß aber kein Verfahren bekannt ist, um aus einem Gemenge von Blei- und Zinkerzen, wie es häufig in der Natur vorkommt, das Blei und das Zink hüttenmännisch darzustellen. Diese Erze müssen deshalb vorher durch die Aufbereitung in möglichst reine Bleierze einerseits und Zinkerze andererseits getrennt werden, und dasjenige Zink, welches im Bleierze verbleibt, geht verloren, während andererseits schon ein geringer Bleigehalt der Zinkerze die Verhüttung außerordentlich verteuert. Ebenso erschwert ein Antimongehalt die Verarbeitung von Golderzen.

Selbst die Natur der nicht metallischen Mineralien, welche den Erzen beigemengt sind, spielt eine wesentliche Rolle. So erschwert z. B. Quarz, weil er strengflüssig ist, die Verhüttung, während der leichtflüssige Flußspat sie erleichtert. Die Hütten nehmen daher lieber flußspätige als quarzige Bleierze und bezahlen die ersteren bei demselben Bleigehalte erheblich besser.

In diesen und vielen anderen Fällen muß die Aufbereitung helfend eintreten, ja man kann sagen, daß viele Bergbaue ohne die Verfahren der modernen Aufbereitungstechnik überhaupt nicht bestehen könnten, wie denn bis in das 17. Jahrhundert hinein arme Erze wertlos waren, aus denen wir heute durch die Aufbereitung mit Leichtigkeit schmelzwürdige Erze darstellen.

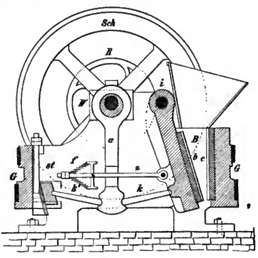
Die am meisten angewendeten Verfahren sind die **trockene** und die **nasse** Aufbereitung, mit beiden geht die Zerkleinerung Hand in Hand. Seltener werden die magnetische Aufbereitung und die neueren Methoden der Aufbereitung im Luftstrom und mittels Zentrifugalkraft angewendet. Die chemische Aufbereitung, bei der das Rösten oder Brennen, die Amalgamation und Laugerei eine Rolle spielen, greift bereits in das Gebiet des Hüttenwesens über.

Es wird bei der Erzaufbereitung stets der Grundsatz durchgeführt, das Gleichartige zu vereinigen — daher spricht man auch von **Konzentration** — und das Ungleichartige zu trennen, in diesem Sinne ist auch die Bezeichnung **Separation** gerechtfertigt.

Bei der **trockenen Aufbereitung** werden die größeren Stücke nach dem Augenschein ausgelesen (der Bergmann sagt geklaubt) und hierdurch die reinen Erze und die Berge voneinander getrennt. Kommen, was sehr häufig der Fall ist, Stücke vor, bei denen verschiedene Erze oder Erz und Berge miteinander verwachsen sind, so wird der Scheidehammer zu Hilfe genommen. Die Buben, welche unter der Aufsicht eines Steigers diese Arbeit verrichten, erlangen eine große Geschicklichkeit darin, die Schläge mit der Schneide des Hammers so zu führen, daß die Stücke in der beabsichtigten Richtung zerspringen und dadurch das Erz von den Bergen getrennt wird. Diese Arbeiten haben jedoch nur dann den gewünschten Erfolg, wenn sogenanntes **derbes Erz** vorhanden ist, d. h. reine Erzstücke mindestens von der Größe des Straßenschotters, oder wenn reiche Erze (**edles Erz**) im Gestein verteilt sind, auch wird die Arbeit sehr umständlich und zeitraubend, wenn zu kleine Stücke ausgelesen werden sollen. Für das Auslesen müssen solche Erze, deren Beschaffenheit sich wegen unreiner Oberfläche nicht erkennen läßt, zunächst gewaschen, **abgeläutert** werden. Es geschieht gewöhnlich dadurch, daß die Stücke eine Zeitlang auf Sieben im Wasser bewegt werden.

Die Zerkleinerung sehr großer Stücke, **Wände** genannt, mußte früher ausschließlich mit schweren Hämmern durch Handarbeit erfolgen, es gab keine geeignete Zerkleinerungsmaschine. Jetzt dient hierzu allgemein der von dem Nordamerikaner **Blake** im Jahre 1858

erfundene **Steinbrecher**, auch Backenquetsche genannt. Die üblichste Bauart zeigt unsere Abb. 241 im Längsschnitte; die Wirkung läßt sich wohl mit derjenigen eines gewaltigen Nußknackers vergleichen. Es gibt derartige Maschinen, welche in einer Stunde bei einem Kraftverbrauch von 12 Pferdestärken 8—10 cbm Wände von erheblich mehr als Kopfgröße zu Stücken von etwa 5 cm Durchmesser zerkleinern. Die arbeitenden Teile sind in einem schweren gußeisernen Gestelle G, das durch schmiedeeiserne Ringe verstärkt ist, verlagert. Das sogenannte **Brechmaul** B wird von einem festeingebauten Backen c und einem beweglichen b gebildet, es ist oben weiter nnd verengt sich nach unten; die bewegliche Backe schwingt um den Zapfen i und wird abwechselnd gegen den festen Backen gedrückt und wieder zurückgezogen. Die Brechbacken bestehen aus **Hartguß**, einem sehr harten, dabei jedoch festen Material und sind auf der Oberfläche mit stumpfen Rippen versehen; wenn die bewegliche Backe zurückgeht, rutscht eine in das Brechmaul geworfene Wand etwas abwärts, dann drückt der Backen mit großer Kraft dagegen, es springen einzelne Ecken ab, es entstehen Risse, die Bruchstücke rutschen bei der Rückwärtsbewegung des Backens b tiefer in das Brechmaul hinab, werden wieder nnd wieder gedrückt, und schließlich fallen die zerkleinerten Stücke unten durch den Spalt heraus. Die schwingende Bewegung des Backens b wird folgendermaßen erzeugt: Die Welle W, auf der ein schweres Schwungrad Sch sitzt, trägt ein Excenter, an diesem hängt die Zugstange a. Wird die Welle durch einen auf der Riemenscheibe R laufenden Riemen in Umdrehung versetzt, so muß sich die Zugstange auf und nieder bewegen, nnd die Kniehebel kk¹ drücken beim jedesmaligen Anheben den beweglichen Backen b gegen den festen, beim Niedergange der Zugstange ziehen die Feder f und die Zugstange z ihn jedesmal wieder zurück. Durch die Stellvorrichtung st kann die Spaltweite etwas geändert werden. Ein derartiger Steinbrecher erspart eine große Zahl von Arbeitern, das Auslesen und Scheiden geht schneller von statten, da mit dem Scheidehammer nur noch kleine Stücke zu bearbeiten sind.



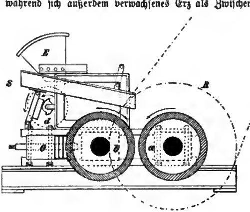
241. Steinbrecher.

Das schon bei der Arbeit in der Grube bis unter 3 oder 4 cm zerkleinerte Gut, das sogenannte **Grubenklein** nnd die fein verwachsenen armen Massen, letztere nach erfolgter Zerkleinerung, müssen der nassen Aufbereitung übergeben werden, durch die das Gut im Wasser nach dem spezifischen Gewicht getrennt wird.

Die hierbei verwendeten Maschinen arbeiten in den modernen Werkstätten völlig selbstthätig, nachdem sie einmal für den besonderen Zweck eingestellt worden sind.

In der **Wäsche**, wie die nasse Aufbereitnng gewöhnlich genannt wird, geht das Gut zunächst über ein Sieb, welches die gröberen Stücke einem **Walzwerke** zur weiteren Zerkleinernng übergibt, es ist nämlich für die weitere Trennung nötig, das verwachsene Erz so weit zu zerkleinern, daß thunlichst jedes Körnchen nur noch aus einem Minerale besteht. Um jedoch die unvermeidlichen Verluste zu verringern, zerkleinert man zunächst nur etwa auf 10—15 mm Korngröße und führt dann durch die **Setzarbeit** eine erst-

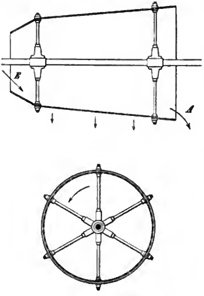
malige Trennung herbei; diese gestattet, etwas reines Erz und reine Berge abzuscheiden, während sich außerdem verwachsenes Erz als Zwischenprodukt ergibt. Dann wird das letztere nochmals weiter zerkleinert, etwa bis auf 2 mm Korngröße; diese Arbeit verrichtet entweder ein **Pochwerk** oder eine **Mühle**, darauf erfolgt dann die letzte Trennung durch die **Herdarbeit**. Ein derartiger Gang der Aufbereitung wird gewöhnlich zum Ziele führen, wenn die spezifischen Gewichte der zu trennenden Mineralien erheblich verschieden sind. Ist das nicht der Fall, so können noch die im Eingange dieses Abschnittes bereits genannten Verfahren der Trennung durch den Magneten, durch bewegte Luft oder Zentrifugalkraft und die chemische Aufbereitung zu Hilfe genommen werden.



242. Erzwalzwerk.

In den Anlagen für die Aufbereitung sind die einzelnen Maschinen so in mehreren Stockwerken untereinander angeordnet, daß die Zwischenprodukte, um Arbeit zu ersparen, in der Hauptsache abwärts befördert werden, kleineres Korn kann auch vom Wasser in geneigten Gerinnen leicht zu den betreffenden Maschinen geführt werden.

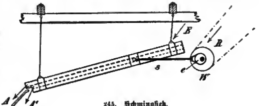
Das **Walzwerk**, welches unsere Abb. 242 im Längsschnitte zeigt, besteht aus den beiden Walzen a und b, welche durch Rädervorgelege gegeneinander, wie die Pfeile andeuten, in schnelle Umdrehung versetzt werden; durch den Rüttelschuh S, welcher von dem Daumenrädchen d in hin- und herschwingende Bewegung gesetzt wird, gelangt das zu zerkleinernde Korn aus dem Eintragtrichter E zwischen die Walzen und wird beim Durchgange zerdrückt. Die Walzenringe bestehen wie die Backen des Steinbrechers aus Hartguß; dennoch müssen sie bei harten Erzen nach drei bis sechs Monaten erneuert werden. Die eine der Walzen b ist so verlagert, daß sie ausweicht, wenn zu harte oder zu große Körper zwischen die Walzen kommen, ihre Lager stützen sich nämlich gegen Gummipuffer O.



243 u. 244. Trommelsieb.

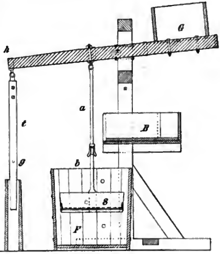
Nach dieser Zerkleinerung geht das Gut über einen Siebapparat, der mehrere Korngrößen herstellt, jede derselben wird dann einer **Setzmaschine** übergeben. Die Setzarbeit beruht darauf, daß von angenähert gleich großen Körnern die spezifisch schweren

im Wasser schneller zu Boden fallen als die leichteren, diese aber außerdem von einem wagerechten Wasserstrome schneller mit fortgeführt werden. Früher wurden zur Trennung der Körner nach der Korngröße namentlich wegen ihres ruhigen Ganges **Siebtrommeln** (Abb. 243 u. 244) bevorzugt, sie brauchen jedoch viel Platz und sind in der Anlage und Unterhaltung teuer. An ihre Stelle sind **Schwingsiebe** (Schüttelsiebe) getreten (Abb. 245). Das an der Balkenlage etwas geneigt aufgehängte Sieb wird von einer Welle W aus mittels Excenter e und Schubstange s in schnell hin und her gehende Bewegung versetzt, es macht etwa 200 Spiele in der Minute, das gemengte Korn wird bei E aufgetragen. Nehmen wir an, daß die



245. Schwingsieb.

beiden Siebe 10 und 5 mm große Öffnungen haben, so werden alle Körner, die größer als 10 mm sind, bei A und alle diejenigen, deren Größe zwischen 10 und 5 mm liegt, bei A_1 ausgetragen, während die noch kleineren auch durch das zweite Sieb durchfallen und einem besonderen Behälter zugeführt werden. Ein weiteres Schüttelsieb von 2 mm Lochung möge noch eine Korngröße zwischen 5 und 2 mm bilden, während das noch kleinere Korn der Herdwäsche zugeführt wird. Es werden also drei Korngrößen für die Setzarbeit hergestellt. Die Ausführung der letzteren läßt sich am besten verstehen, wenn man sie auf einem **Handsetzsiebe** verfolgt (Abb. 246). Das mit Erz gefüllte Sieb S muß minutenlang abwechselnd mit kurzen Stößen im Wasser niedergestaucht und dann wieder angehoben werden. Um diese Arbeit zu erleichtern und einen Teil des nicht unerheblichen Gewichts auszugleichen, wird das Sieb mittels Bügel b und Tragstange a an dem einen Ende eines zweiarmigen Hebels h aufgehängt und an dessen anderem Ende ein Gegengewicht G angebracht; auch ist es handlicher, das Sieb nicht direkt zu erfassen, sondern die Bewegung mittels einer am äußersten Ende des Hebels befestigten und mit Handgriff g versehenen Stange t auszuführen. Von der Bühne B wird das gesiebte Erz mit einer Kratze auf



246. Handsetzsieb.

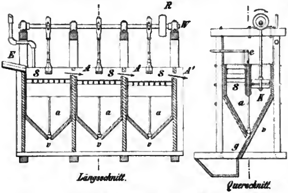
das Sieb gezogen, sodann senkt man es in das mit Wasser gefüllte Faß F und bewegt es einige Zeit lang um wenige Zentimeter abwechselnd schnell abwärts und langsam aufwärts. Hierbei spielt sich wiederholt der Vorgang ab, daß die Körnchen, wenn das Sieb niedergestoßen wird, einen Augenblick im Wasser schweben und dann auf das Sieb niederfallen.

Handelt es sich z. B. um die Trennung der häufig miteinander vorkommenden Mineralien:

Bleiglanz	mit dem spezifischen Gewichte	7,5
Schwefelkies	„ „ „ „	5,0
und Quarz	„ „ „ „	2,6,

so würden sich zunächst, vorausgesetzt, daß nur reine Körner dieser Mineralien vorhanden wären, nach erfolgtem Setzen in der obersten Lage ausschließlich die leichten Quarzkörner befinden. Entfernt man diese, so zeigt sich eine Schicht Schwefelkieskörner, die ebenfalls für sich abgehoben werden könnte, und in der untersten Lage auf dem Siebe würden nur Bleiglanzkörner vorhanden sein. Die Anordnung der Mineralien erfolgt also nach dem spezifischen Gewichte.

In Wirklichkeit ist das Ergebnis der Setzarbeit ein etwas anderes als das soeben beschriebene, weil sich außer reinen Körnern der drei vorhandenen Mineralien auch solche, und zwar in erheblicher Menge, vorfinden, welche aus zwei oder aus allen drei Mineralien verwachsen sind. Das spezifische Gewicht aller dieser Körner wird geringer sein als dasjenige des reinen Bleiglanzes, aber höher als das des reinen Quarzes, und die aus Bleiglanz und Quarz je zur Hälfte bestehenden Körner werden gerade dasselbe Gewicht wie der Schwefelkies haben, nämlich 5,0. Hieraus folgt, daß beim Vorkommen verwachsener Mineralien das Ergebnis der Setzarbeit das folgende sein wird: auf der zu unterst vorhandenen Lage von reinem Bleiglanz finden sich zunächst Körner, die vorwiegend aus Bleiglanz und Schwefelkies bestehen, dann, mit reinen Schwefelkieskörnern gemengt, die aus Quarz und Bleiglanz verwachsenen Körner, über diesen mit allmählich abnehmendem Erzgehalte solche, die in der Hauptsache aus Quarz und zum kleinen Teile aus Bleiglanz oder Schwefelkies bestehen, und in der obersten Schicht reine Quarzkörner. Es läßt sich also zwar reiner Bleiglanz und reiner Quarz abscheiden, aber die reinen Schwefelkieskörner finden sich zusammen mit den verwachsenen Körnern in den mittleren Lagen als Zwischenprodukt. Dieses muß zur endgültigen Trennung einer nochmaligen weitergehenden Zerkleinerung und zwar wie schon oben bemerkt auf Pochwerk oder Mühle, unterworfen und dann der Herdarbeit zugeführt werden.



247 u. 248. Dreiteilige Kolbensetzmaschine.

Die Handsetzarbeit wird jetzt nur bei kleinen und einfachen Verhältnissen angewendet, denn sie ist wegen der Verwendung von Handarbeit teuer und außerdem wenig leistungsfähig, da die Arbeit zum Abheben der verschiedenen Lagen jedesmal unterbrochen werden muß. Die mechanischen Setzmaschinen, welche heute in größeren Erz- und auch Steinkohlenwäschen ausschließlich eingeführt sind, wirken vollständig selbsttätig, so daß nur die Beförderung der bereits ausgetragenen Setzprodukte zum Teil durch Arbeiter erfolgen muß. Diese Wirkungsweise wird durch die folgende in der gegebenen Ausführung für die Erzaufbereitung dienende Bauart (vergl. Abb. 247 u. 248) erreicht: Der Setzkasten a erhält U-förmigen Querschnitt, in die eine Hälfte ist das Sieb S fest eingelegt, dagegen wird in der anderen Hälfte ein Kolben K abwechselnd abwärts und aufwärts bewegt. Das Wasser im Setzkasten tritt einmal durch das Sieb nach oben und hebt die darauf befindlichen Körner an, dann sinkt das Wasser zurück, die Körner fallen nieder und zwar die schwereren, wie bereits bekannt, schneller. Dagegen kann man beim Anheben der Körner beobachten, daß die leichten höher gehoben werden als die schweren, wodurch die Trennung befördert wird.

Bei E wird das Setzgut gleichmäßig mit einem Wasserstrom eingetragen, der dazu dient, die leichteren Körner über die eine niedrige Wand des Siebkastens bei A weiter-

zubefördern. Es sind nun mehrere derartige Setzkästen, in unserem Falle z. B. drei nebeneinander angeordnet, jedes folgende Sieb liegt etwas tiefer als das vorhergehende. Bei richtiger Einstellung der Maschine nach Spielzahl- und Hubhöhe des Kolbens, sowie nach der Menge des eingetragenen Erzes und des dazu gegebenen Wassers arbeitet dieselbe so, daß der reine Bleiglanz auf dem ersten Siebe, das schwerere Zwischenprodukt auf dem zweiten und das leichtere Zwischenprodukt auf dem dritten Siebe ausgeschieden wird, während der reine Quarz mit dem wagerechten Wasserstrome das dritte Sieb über dessen Wand bei A_1 verläßt. Besonders zu erläutern ist noch die Art und Weise, wie zur Herbeiführung eines ununterbrochenen Betriebes die verschiedenen Setzprodukte während der Arbeit selbstthätig von den Sieben entfernt, d. h. ausgetragen werden.



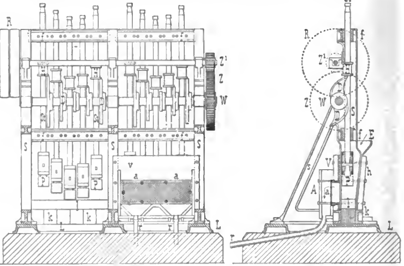
249. Mehrteilige Setzmaschinen in der Zentralwäsche der Grube Himmelfahrt zu Freiberg i. S.

Hierzu sind zwei Verfahren in Gebrauch, das Austragen durch einen seitlich, unmittelbar über dem Siebe angebrachten Schlitz in einen angebauten Wasserkasten, oder das Austragen durch das Graupenbett. Das erstere Verfahren wird namentlich bei gröberem Korn, z. B. beim Setzen der Kohlen zur Trennung von den Bergen angewendet. Nachdem die schwersten Körner durch das Setzen abwärts bis auf das Sieb gelangt sind, rücken sie durch die Wasserbewegung allmählich nach der Seite des Schlitzes vor, fallen auf den etwas tiefer gelegenen Boden des angebauten Sammelkastens und werden aus diesem durch eine selbstthätige Vorrichtung — Schaufelrad, Transportschnecke — beständig ausgetragen. Durch Einstellen der Schlitzweite kann man die Menge des austretenden Gutes regeln.

Das Graupenbett wird vorzugsweise bei feinem Korn, sowohl in der Erz- als auch in der Kohlenaufbereitung angewendet. Bei diesem Verfahren muß das Sieb Öffnungen enthalten, die etwas größer sind, als das Setzgut. Auf das Sieb wird eine Schicht gröberer Körner, die man Graupen nennt, gebracht; ihr spezifisches Gewicht stimmt

ungefähr mit demjenigen des Minerales überein, das auf der betreffenden Abteilung der Setzmaschine abgeschieden werden soll. Nachdem die schweren Körnchen, wie das ja bei der Setzarbeit immer der Fall ist, in die tiefste Schicht d. h. unmittelbar über das Graupenbett gelangt sind, fallen sie durch die Zwischenräume der Graupen und durch das grobe Sieb in den Setzkasten. Dieser ist unten in Form einer umgekehrten Pyramide nach einer Austragöffnung, die für gewöhnlich durch einen Spund v (Abb. 248) verschlossen gehalten wird, zusammengezogen. Von Zeit zu Zeit wird der letztere mittels der Zugstange e angehoben, und das Erz tritt mit wenig Wasser durch das Gerinne g in einen Sammelbehälter aus, es wird mit der Schaufel ausgehoben und mittels Hunde in die Vorratsbehälter weiter befördert. Abb. 249 zeigt eine Reihe von mehrteiligen Setzmaschinen, aus einer Abteilung wird gerade das angesammelte Erz abgelassen.

Wieviel etwa von den reicheren Zwischenprodukten der Setzarbeit noch zur Verhüttung abgeliefert werden kann, ergibt in jedem einzelnen Falle der durch die Probe



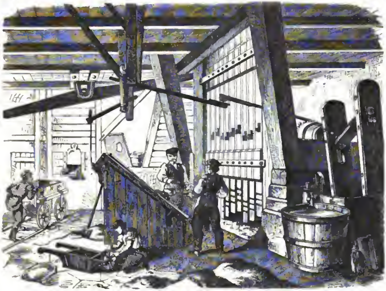
250. Vorderansicht. 251. Querschnitt.

250 u. 251. Kalifornisches Pochwerk.

ermittelte Metallgehalt. Das arme Zwischenprodukt wird entweder auf dem Pochwerk oder auf Mühlen weiter zerkleinert und gelangt mit dem Korne unter 2 mm Größe zur Herdarbeit. — Hier ist darauf hinzuweisen, daß manche Erze, namentlich Golderze, in so feiner Verteilung (so fein eingesprengt) vorkommen, daß bei ihnen von einer Anwendung der Setzarbeit abgesehen werden muß. Sie werden sofort der feinsten Zerkleinerung unterworfen. Auch viele bereits fertig aufbereitete Erze müssen mit Rücksicht auf die Hüttenprozesse, denen sie unterworfen werden, thunlichst fein zerkleinert werden. Während aber die Pulverisierung zum Zwecke der weiteren Aufbereitung in der Regel unter Wasserzufluß (Naßpochen, Naßvermahlen) erfolgt, wird die Zerkleinerung fertiger Produkte immer trocken vorgenommen (Trockenpochen). Die Einrichtung der Apparate ist jedoch bis auf wenige Abweichungen in allen wesentlichen Teilen dieselbe.

Die gewöhnlichste Bauart des **Pochwerks**, das kalifornische Pochwerk, zeigt Abb. 250 und 251), es ist vorwiegend in Eisen gebaut. Die Arbeit des Pochens besteht darin, daß schwere Gewichte, die Pochstempel, auf eine gewisse Höhe gehoben werden und dann auf das zu zerkleinernde Gut niederfallen, welches auf einer harten Unterlage, der Pochsohle.

ausgebreitet ist. Zur Führung der Pochstempel und Vermittelung der Bewegung dient der Pochstuhl, aus einem Grundrahmen L, den Pochwerkssäulen S nebst den Streben s und den Führungen f bestehend. Auf dem Rahmen und untergelegten Holzblöcken k ist die Pochsohle l verlagert, sie ist ebenso wie die Pochschuhe P der Pochstempel aus Hartguß, oder Gußstahl, den widerstandsfähigsten Materialien, hergestellt. Die Schäfte St der Pochstempel dienen zur Führung und zur Befestigung der Heblinge H. In dem gezeichneten Pochwerke sind 2 Pochsätze zu je 5 Stempeln eingebaut; die Daumen D greifen bei Umdrehung der Welle W seitlich unter die Heblinge und drehen die Pochstempel beim Anheben etwas, dadurch wird eine gleichmäßige Abnutzung erzielt und der Arbeitsbedarf vermindert. An den Pochsäulen ist eine Vorderwand v und eine Rückwand h befestigt, sie bilden zur Aufnahme des für das Naßpochen nötigen Wassers einen kastenartigen Behälter, den Pochtrog oder die Pochlade. Am oberen Teile der Rückwand bei E



252. Das Trockenpochwerk. Nach Heuchlers Atlas „Die Bergknappen".

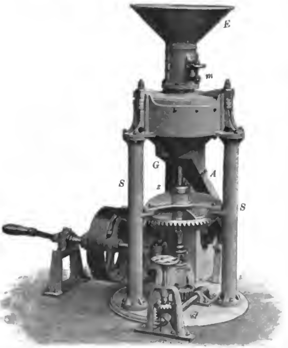
wird das Pochgut eingetragen, außerdem fließt regelmäßig Wasser zu. In die Vorderwand v ist ein Sieb a eingebaut mit etwa 2 mm großen Öffnungen, dann ist noch eine Wand A vorgesetzt, der Wasserstand ist auf beiden Seiten des Siebes angenähert gleich, und während der Abfluß durch die Weite der Abflußrohre r geregelt wird, hält das Sieb alle Stücke zurück, welche noch nicht fein gepocht sind.

Das abfließende Pochwasser sieht durch die Mineralteilchen, die es schwebend mit fortführt, trübe aus und wird daher auch Pochtrübe genannt.

Die Trockenpochwerke (Abb. 252 zeigt eine ältere Holzkonstruktion) sind bis auf den Pochtrog ebenso eingerichtet wie die Naßpochwerke. Es fällt nämlich die Vorderwand ganz fort, nur eine niedrige Rückwand ist vorhanden, um das Gut zusammenzuhalten. Dieses wird mit der Schaufel unter die Stempel geworfen, von Zeit zu Zeit gewendet und dann gesiebt, die Siebgröbe kommt wieder unter die Stempel zurück.

Wenn man von den einfachen Mühlen, den sogenannten Arrastras absieht, die namentlich im spanischen Amerika zur Zerkleinerung der für die Amalgamation bestimmten Erze allgemeine Verwendung fanden und zum Teil auch heute noch in Gebrauch sind, so

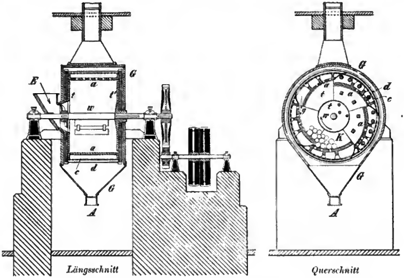
hatten die Pochwerke im Laufe des vorigen Jahrhunderts die Mühlen aus den Aufbereitungen fast ganz verdrängt. Erst die neuesten Fortschritte im Maschinenbau haben einige Arten von Mühlen geschaffen, die in die Erzaufbereitung eingeführt worden sind. Unter diesen haben wir zunächst die den Getreidemühlen entsprechend gebauten Mahlgänge zu nennen, sie treten heute zum Teil an die Stelle der Trockenpochwerke. Abb. 253 zeigt einen solchen Mahlgang, eine Unterläufermühle, bei der der obere Stein festliegt, der untere aber in schnelle Umdrehung versetzt wird, wenn man bei dieser Mühle überhaupt von Mühlsteinen reden kann. Die mahlenden Körper bestehen nämlich aus Hartguß mit ausgesparten tiefen Rinnen, diese sind mit weichem Holz ausgekeilt, das sich beim Vermahlen immer etwas mehr abnutzt, als der Hartguß. So bleiben die Läufer stets mit Mahlfurchen versehen, die man bei wirklichen Mahlsteinen von Zeit zu Zeit mühsam mit Steinmeißel und Hammer nacharbeiten muß, auch nutzen sich die Hartgußläufer erheblich weniger ab als Mühlsteine. In der Abb. 254 sind auf dem Läufer die Furchen deutlich zu erkennen. Das zu mahlende Erz wird durch eine zentrale Öffnung des oberen, festliegenden Steines bei E eingetragen und gelangt, indem es zu feinem Mehle zerrieben wird, allmählich zwischen den Steinen bis an deren Umfang, es sammelt sich in dem die Steine umschließenden nach unten trichterförmig zusammengezogenen Gehäuse G, welches auf drei Säulen S ruht, und wird bei A auf einen Siebapparat ausgetragen. Der Antrieb auf die stehende Welle erfolgt durch ein Paar Kegelräder z; die Stellvorrichtung st dient zum Heben und Senken des Unterläufers, um die Abnutzung auszugleichen und die Feinheit des gemahlenen Gutes in etwas ändern zu können, während eine am Eintragtrichter befindliche Vorrichtung m die Menge des zugeführten Materials regelt.



253. Fröbels Unterläufermühle. Nach einem Modell in der Bergakademie Freiberg.

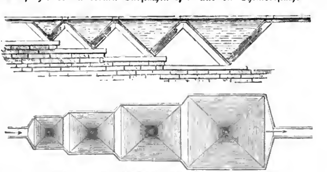

254.
Mühlstein (Unterläufer) zur Fröbelschen Mühle.

Als ein weiteres Beispiel einer Mühlenkonstruktion, die für harte Erze geeignet ist und sowohl zum Trocken- als auch zum Naßmahlen dienen kann, wollen wir die Patentkugelmühle des Grusonwerkes (Friedrich Krupp, Buckau bei Magdeburg) näher beschreiben (Abb. 255 u. 256 Längsschnitt und Querschnitt). Die Mühle wird in mehreren Nummern



255 u. 256. Kugelmühle des Grusonwerkes.

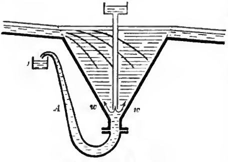
gebaut, mit den größeren können Stücke von Faustgröße zu feinstem Mehle vermahlen werden. Die Kugelmühle gehört zu den **Rollquetschen**; schwere stählerne Kugeln zerreiben auf harten Mahlplatten das Erz. Auf einer starken wagerechten Welle w sitzt die cylindrische Mahltrommel, ihre beiden ebenen Endflächen t, t¹ und die Cylinderfläche sind mit Hartgußplatten gepanzert. Die Platten a sind eigenartig gebogen, so daß zwischen je zwei benachbarten Schlitze g frei bleiben, zum Teil sind die Platten durchlocht und dienen als erstes grobes Sieb; sie sind von zwei feineren Sieben c und d umgeben. Die ganze Anordnung ist so getroffen, daß dasjenige



257 u. 258. Rittingers Spitzkästen. (Längsdurchschnitt und Querschnitt.)

Korn, welches noch zu grob ist, um durch die Siebe hindurchzugehen, durch die Schlitze g in die Trommel und unter die Kugeln K zurückgelangt. Siebe und Platten lassen sich leicht auswechseln. Der Eintrag E befindet sich an der Welle, es ist nämlich die Nabe der Endwand t so gearbeitet, daß Speichen, die nach Art der Flügel einer Schiffsschraube gestellt

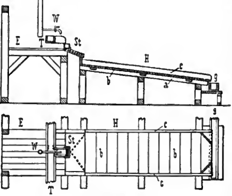
sind, das Gut aus dem Trichter allmählich in die Mühle führen. Der Siebmantel ist mit einem leichten feststehenden Blechgehäuse G umgeben, in dessen unterem Teile sich das feine Mehl ansammelt, es kann bei A abgelassen werden. Eine Kugelmühle, deren Betrieb 10 Pferdekräfte erfordert, vermahlt stündlich 800 kg quarzige Erze zu feinstem Pulver. Dient die Zerkleinerung als Vorbereitung zur *Herdarbeit*, so wird naß vermahlen, und das Erz verläßt die Mühle in Form von Trübe. Mit dieser wird, meistens in den durch den österreichischen Aufbereitungsmann *Rittinger* eingeführten *Spitzkästen*, eine Vorbereitung für die Herdarbeit vorgenommen. Gewöhnlich aus Brettern, in eiserne Gerüste eingebaut, bilden die Spitzkästen ein sich allmählich verbreiterndes System von tiefen Kästen, welche unten in eine pyramidale Spitze zusammengezogen sind (Abb. 257 und 258). An diese schließt ein Austragrohr an. Der Vorgang, welcher sich in den Spitzkästen vollzieht, ist der folgende: Die Trübe durchfließt wegen des zunehmenden Querschnittes mit allmählich verminderter Geschwindigkeit die Spitzkästen, und es sinken in dem ersten die am schnellsten fallenden Körnchen, im letzten die am langsamsten fallenden feinsten Teilchen zu Boden. Mit dem Wasserstrome, der beständig durch ein bei den neueren Apparaten eigenartig gebogenes Austragrohr (A Abb. 259) ausfließt, treten die in jedem Kasten niedersinkenden Teilchen in Trübeform aus und können mittels Gerinne g auf die Herde geleitet werden. Wir müssen jedoch, um die Herdarbeit zu verstehen, die Teilchen, welche zusammen ausgetragen werden, etwas näher ansehen, es sind kleinere Erzteilchen neben größeren Bergeteilchen, denn nach den Gesetzen der Schwere fällt ein kleines und spezifisch schweres Korn im Wasser ebenso schnell wie ein größeres, aber leichteres Korn. So fällt z. B. im ersten Spitzkasten ein Bleiglanzkörnchen von $^1/_2$ mm Durchmesser zusammen mit Quarzkörnchen von 2 mm Durchmesser und in einem der anderen Spitzkästen ein Bleiglanzstäubchen von 0,1 mm Durchmesser zusammen mit einem Quarzkörnchen von 0,4 mm Durchmesser nieder. Die Schwefelkieskörnchen stehen im spezifischen Gewicht und auch bezüglich des Korndurchmessers in der Mitte. In den ersten Spitzkästen läßt man die austretenden Teilchen durch einen aufwärts gerichteten Wasserstrom (w Abb. 259) hindurchfallen, auf diese Weise wird der feinste Schlamm zurückgehalten.



259. Spitzkasten im Querschnitt.



260.



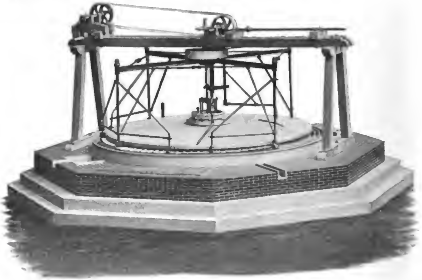
261 u. 262. Kehrherd.

Diese Vorbereitung der Trübe, ihre Trennung in mehrere Teile, deren jeder gleichschnell fallende Körnchen enthält, erleichtert die endgültige Trennung der Erze von den



263. Steinsche Herde in der Zentralwäsche der Grube Himmelfahrt zu Freiberg i. S.

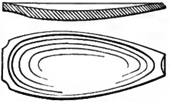
Bergen auf Herden. Diese letzteren bestehen wesentlich aus einer schwach geneigten ebenen Fläche, über welche die Trübe in sehr dünnem Strome hinweggeführt wird. Es spielt sich nun hierbei der folgende durch die Abb. 260 in erheblich vergrößertem Maßstabe erläuterte Vorgang ab: a ist das kleine, aber spezifisch schwerere Bleiglanzkorn, b ist das größere, aber spezifisch leichtere Quarzkorn, v sind die Geschwindigkeiten des Wassers in den verschiedenen Schichten der Trübe. Wie bei jedem fließenden Wasser ist auch hier die Geschwindigkeit an der Oberfläche am größten, während die an der Herdfläche fließenden Wasserteilchen, durch die Adhäsion beeinflußt, sich langsamer bewegen. Die kleinen Erzkörnchen kommen nur mit den langsam fließenden Wasserschichten in Berührung und bleiben daher auf dem oberen Teile des Herdes liegen, während die größeren Bergekörnchen auch von den schneller fließenden oberen Schichten getroffen werden, auf dem Herde überhaupt nicht zur Ablagerung gelangen, sondern vom Wasser mit fortgeführt werden.



264. Linkenbachscher Schlammrundherd.

Auf den einfachsten Herden, den festliegenden Kehrherden (Abb. 261 u. 262), läßt man die Trübe eine Zeit lang über den Herd fließen, und zwar wird sie durch die Stelltafel St über die ganze Herdbreite gleichmäßig verteilt. Der Herd H, welcher aus den Längshölzern a, den Herdbrettern b und den Randbrettern c besteht, belegt sich hierdurch mit einer dünnen Schicht Erz, der Quarz wird in das Gerinne g abgespült. Dann wird die Arbeit unterbrochen und reines Wasser über den Herd geleitet, während das abgelagerte Erz mit Reisigbesen durchgearbeitet wird, hierdurch erreicht man, daß sich das leichtere Erz, in unserem Falle der Schwefelkies, von dem schwereren Bleiglanze trennt: das erstere wird vom Herde abgespült und in besonderen Behältern aufgefangen. Endlich kehrt man den Bleiglanz mit dem Reisigbesen in einen weiteren Sammelkasten ab. Der Herd ist nun wieder leer, und dieselbe Arbeit kann wiederum beginnen. Es muß also mit Unterbrechung gearbeitet werden, und es bedient ständig ein Mann den Herd. Die neueren Herdkonstruktionen vermeiden beide Übelstände, sie arbeiten selbstthätig und ununterbrochen. Um dies zu erreichen, müssen sie maschinell bewegt werden, und die drei Arbeiten, nämlich das Darüberleiten der Trübe, das Abtrennen des Erzes vom mittleren

spezifischen Gewicht und endlich das Abkehren des schwersten Erzes, welche bei dem Kehrherde auf der ganzen Herdfläche nacheinander vorgenommen werden, lassen sich auf den neueren bewegten Herden auf verschiedenen Teilen der Herdfläche gleichzeitig ausführen, der Reisigbesen wird gewöhnlich durch Wasserstrahlen ersetzt. Die Beweglichkeit der Körnchen wird dadurch erhöht, daß die Herdfläche durch Stöße erschüttert wird; derartige Herde heißen **Stoßherde**. Von den neueren Herden sei zunächst der in Freiberg ausgebildete **Steinsche Herd** (Abb. 263) kurz erwähnt. Bei demselben ist eine Stoßbewegung des Herdes verbunden mit der Querbewegung der die Herdfläche bildenden Gummiplane ohne Ende. Diese ist über zwei größere und eine Anzahl kleiner Walzen geführt, eine der größeren wird in Umdrehung versetzt, wodurch die fortschreitende Bewegung der Plane entsteht. Sie wird an dem einen Ende des Herdes mit Trübe beschickt, die Berge (Quarz) werden durch das Wasser weggeführt, das darauf liegenbleibende Erz wird dann durch die Querbewegung der Plane unter immer stärker wirkende Wasserbrausen gebracht, die zunächst die leichteren Erze, z. B. den Schwefelkies, zuletzt auch den Bleiglanz in besondere Behälter abspülen, die reine Herdfläche wird durch die Bewegung der Plane wieder zur Trübeaufgabe zurückgeführt.



265 u. 266. Freiberger Sichertrog.

In ähnlicher Weise wirken die Rundherde, welche jetzt wegen ihrer hohen Leistungsfähigkeit oft angewendet werden, nur ist der Platz- und Wasserbedarf ein sehr bedeutender. Eine der häufigsten Ausführungen, den **Linkenbachschen Schlammrundherd** zeigt Abb. 264. Die Arbeitsfläche des feststehenden Herdes bildet einen sehr stumpfen Kegel; um eine ununterbrochene Arbeit zu erreichen, machen die an einer senkrechten Welle und Tragarmen befestigten Einrichtungen für das Aufgeben der Trübe und des Klarwassers, sowie für das Abtragen der Waschprodukte in der Minute etwa eine Umdrehung. So wird beständig über einen Teil der Herdfläche die Trübe geleitet, wobei die Berge den Herd verlassen und in ein unmittelbar am Herde befindliches Gerinne gelangen. Dann wird über das abgelagerte Erz ein Klarwasserstrom geführt, der das leichtere Gut in ein zweites Gerinne abspült, und endlich wird das schwerste Erz, also der Bleiglanz, durch eine Reihe von Brausen abgewaschen und ebenfalls für sich aufgefangen. Die Herdfläche ist somit an dieser Stelle rein, und es beginnt dann wieder das Darüberleiten von Trübe.



267 u. 268. Salzburger Sichertrog.

Eine besondere Art von kleinen Handherden sind die **Sichertröge**. Die Abb. 265 und 266 zeigen den **Freiberger**, die Abb. 267 u. 268 den **Salzburger Sichertrog**. Sie dienen zuweilen, ähnlich wie die bei der Bearbeitung der Goldseifen erwähnten Waschschüsseln zum Verwaschen reicher Erze, namentlich Goldschlieche, ihr Hauptzweck ist jedoch die Behandlung kleiner Erzproben, sei es von gepulverten Roherzen oder von Aufbereitungsprodukten, um ihre Zusammensetzung kennen zu lernen. Das feuchte Material wird auf den Sichertrog gebracht und dieser dann nach Hinzufügung des nötigen Wassers derart in schwingende Bewegung versetzt, daß letzteres zwar schnell nach der einen Seite fließt, aber langsam nach der anderen wieder zurückströmt. Erschüttert man durch leichte Schläge mittels des Ballens der einen Hand den Sichertrog, so wird der Trennungsprozeß befördert; die Berge werden abgespült, und die Erze ordnen sich, ähnlich wie auf der Herdfläche, nach dem spezifischen Gewichte an. Auf dem Sichertroge läßt sich z. B. ein Gehalt an Freigold von 10 g auf eine Tonne Erz noch mit Sicherheit nachweisen.

Durch die Herdarbeit wird die nasse Aufbereitung beendet, deren Zweck es ist, einen möglichst großen Teil der im Roherze eingewachsenen Mineralien so weit zu konzentrieren, daß ihre hüttenmännische Verarbeitung lohnt. Vollständig kann das leider nicht gelingen, da immer kleine Erzteilchen in den Bergen verbleiben und ein anderer Teil des Erzes zu so feinen Stäubchen zerkleinert wird, daß sie auf den Herden nicht zur Ablagerung gelangen, sondern vom Wasser mit fortgeführt werden; hierdurch erklären sich die Aufbereitungsverluste. Das Wasser wird meistens wiederholt zum Waschen benutzt und zu diesem Zwecke durch Pumpen wieder gehoben. Die Klärung der beim Waschprozeß benutzten Wasser erfordert übrigens die Anlage großer Klärteiche, da das Waschwasser nur in völlig geklärtem Zustande in die öffentlichen Wasserläufe abgelassen werden darf.

Die Aufbereitung durch Wind und Zentrifugalkraft. Entweder die soeben erwähnte Rücksicht, nämlich die Schwierigkeit, große Wassermengen schnell zu klären, oder der Mangel an Wasser in einzelnen Bergrevieren, wie z. B. in den Goldgebieten von Westaustralien, sind die Veranlassung, daß zuweilen von der nassen Aufbereitung abgesehen oder diese doch eingeschränkt wird.

In der Kohlenaufbereitung wird z. B. das Kohlenklein vor der Behandlung auf Setzmaschinen in Schleuderapparaten, durch die mittels Ventilator ein Luftstrom geblasen wird, vom Staube befreit und dieser in Staubkammern oder Staubsammlern (Cyklone) für sich trocken ausgeschieden, er kann später der durch die Setzarbeit erhaltenen Kokskohle beigemengt werden; die Verunreinigung des Waschwassers wird erheblich verringert und die Klärung erleichtert.

Für die Goldaufbereitung werden im kleinen sehr einfache Einrichtungen verwendet. Aus dem trocken gewonnenen Seifenmaterial bläst der natürliche Wind (Abb. 269) von dem durch ein Sieb fallenden feinen Material die leichteren Partien fort, oder es wird wohl auch durch kleine Handgebläse ein künstlicher Luftstrom zu diesem Zwecke erzeugt, und das Gold reichert sich in dem zurückbleibenden Sande nach mehrmaliger Wiederholung des Verfahrens allmählich an. Für größere Anlagen wird für Goldaufbereitung der Apparat von Pape-Henneberg empfohlen. In der Mitte eines kreisrunden flachen Gefäßes ist ein Schleuderteller aufgehängt, er besteht aus einer wagerechten Scheibe, die in sehr schnelle Umdrehung versetzt wird; auf dieselbe wird das fein zerkleinerte Erz gleichmäßig aufgetragen. Die einzelnen Teilchen werden durch die Zentrifugalkraft fortgeschleudert, und zwar fliegen diejenigen, welche gleiche Masse haben, gleichweit, sie finden sich daher zusammen in einem der Gefäße, welche den Schleuderteller ringförmig umgeben. Nehmen wir Quarz und Gold als Gemengteile des Erzes an, so finden sich in jedem Gemenge neben kleinen Goldteilchen Quarzkörnchen von erheblich größerem Durchmesser. Ein Rührapparat führt die in jedem Ringe niederfallenden Körnchen zum Austrage, und dort geht jede Korngruppe über ein entsprechend feines Sieb, durch welches nur die kleinen Goldkörnchen hindurchfallen, während die größeren Quarzkörnchen zurückgehalten werden. Es gelingt auf diese Weise leicht, einen erheblichen Teil des gröberen Goldes abzuscheiden. Gleichzeitig wird durch den Schleuderapparat ein Luftstrom mittels eines Ventilators so hindurchgesaugt, daß er am Umfange des Gefäßes eintritt und nach dem Mittelpunkte zu strömt, derselbe nimmt die feinsten Staubteilchen mit, die in einer besonderen Staubkammer aufgefangen werden. Der Schleuderapparat wirkt um so günstiger, je gröber die Goldteilchen sind; das in dem feinsten Staube etwa noch enthaltene Gold kann nicht durch Windaufbereitung, sondern nur durch darauf folgende nasse Aufbereitung oder durch eines der neueren Laugeverfahren gewonnen werden. Immer ist es ein Vorteil, bei Wassermangel wenigstens das gröbere Gold ausscheiden zu können. Unzertrennlich ist leider von der Windaufbereitung ein außerordentlich lästiger Staub, der bald alle Gegenstände der Umgebung mit einer dicken Kruste überzieht.

Die Windaufbereitung setzt ebenso wie die nasse Aufbereitung voraus, daß ein Unterschied im Eigengewichte der Mineralien vorhanden ist. Es gibt jedoch auch Fälle, in denen es die Aufgabe des Bergmanns ist, Erze voneinander zu trennen, die angenähert das gleiche spezifische Gewicht haben, hierzu können wir uns entweder chemischer Mittel oder zuweilen des Magnetismus bedienen.

Als ein interessantes Beispiel der **chemischen Aufbereitung** sei hier die Verarbeitung der Erze des alten, schon seit 400 Jahren bestehenden Zinnbergbaues zu Altenberg im Erzgebirge angeführt. Es kommen dort in äußerst feiner Verteilung Zinnerz, Arsenkies und gediegen Wismut vor, der Unterschied in den spezifischen Gewichten reicht nicht aus, um eine Trennung auf nassem Wege zu erreichen, man erhält vielmehr nach dem Verpochen der Erze und dem Verwaschen auf Herden ein inniges Gemenge der drei Mineralien. Durch Rösten desselben wird der Arsenkies in die flüchtige arsenige Säure, die in Flugstaubkammern aufgefangen wird, und in zurückbleibendes Eisenarseniat zerlegt, sodann wird das Wismut mittels Salzsäure aus dem Röstrückstande ausgelaugt. Der nunmehr verbleibende Rest wird nochmals auf Herden verwaschen und durch Entfernung der fein verteilten Eisenverbindungen reines zur Schmelzung geeignetes Zinnerz erhalten.

Die **magnetische Aufbereitung** kann nur zur Abscheidung des von der Natur stark magnetischen **Magneteisenerzes** oder solcher Mineralien angewendet werden, die sich durch Rösten in magnetische Verbindungen überführen lassen, es sind das der Spateisenstein, Schwefelkies und Arsenkies; alle drei Mineralien werden durch geeignete Röstung wenigstens zum Teil in Eisenoxyduloxydul übergeführt. In Deutschland wird das Verfahren am häufigsten zur Trennung von Zinkblende und Spateisenstein angewendet. Diese Mineralien kommen z. B. auf den Erzgängen von **Friedrichsfegen** im Rheinlande in größeren Mengen zusammen vor, und da ihr spezifisches Gewicht angenähert gleich ist, so bleiben sie auch bei der nassen Aufbereitung, durch die der mit vorkommende Bleiglanz abgeschieden wird, in den Zwischenprodukten beisammen. Das Gemenge wird geröstet, gemahlen und dann der Trennung mittels starker Elektromagnete unterworfen; durch mehrmalige Wiederholung des Verfahrens gelingt es, einen Teil reines Eisenerz und reine Zinkblende abzuscheiden, die beide gut verkäuflich sind, während das Gemenge gar keinen Wert hat.



269. Trockene Verarbeitung des Goldsandes zu Coolgardie in Westaustralien.

Der Bergbau auf fossile Brennstoffe.

Einleitung. Von allen vorweltlichen organischen Resten sind jedenfalls die Anhäufungen von Brennstoffen, welche die Erde birgt, für unsere heutigen Existenzbedingungen am wichtigsten; hängt doch die Erzeugung von mechanischer Arbeit hauptsächlich von ihnen ab.

Ein Blick auf die in der Einleitung S. 21 gegebene Tabelle belehrt uns, daß allein der Wert der jährlich auf der Erde erzeugten Steinkohlen ein sehr viel größerer ist, als derjenige aller anderen bergmännischen Produkte zusammengenommen, die Edelmetalle nicht ausgeschlossen. Deshalb kann man auch mit gutem Rechte behaupten, daß von den Mengen an Steinkohle, die der Boden eines Landes birgt, zum guten Teil dessen Wohlstand abhängt.

Der Entstehung nach können wir die fossilen Brennstoffe im weiteren Sinne des Wortes in die folgenden beiden großen Gruppen einteilen: Graphit, Anthracit, Steinkohle, Braunkohle, Torf und anderseits Erdgas, Erdöl, Erdwachs und Erdpech. Von den zuerst genannten nehmen wir, wie im ersten Abschnitte eingehender auseinandergesetzt worden ist, an, daß sie durch Umbildung von Pflanzenstoffen entstanden sind, während die letzteren wahrscheinlich aus den Fettsubstanzen abgestorbener Seetiere hervorgegangen sein dürften.

Der allmähliche Übergang von der Holzfaser bis zum Graphit wird am klarsten ersichtlich, wenn wir uns unter Außerachtlassung des Wasser- und des Aschengehaltes die Zusammensetzung dieser Stoffe vergegenwärtigen, dabei kann es sich natürlich nur um mittlere Werte handeln. Es enthalten nach Muck:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
Holzfaser	50 %	6 %	43 %	1 %
Torf	59 „	6 „	33 „	2 „
Braunkohle	69 „	5,5 „	25 „	0,8 „
Steinkohle	82 „	5 „	13 „	0,8 „
Anthracit	95 „	2,5 „	2,5 „	Spur.
Graphit	100 „	—	—	—

Der Aschengehalt muß hierbei unberücksichtigt bleiben, da derselbe nicht nur von der Pflanzensubstanz herrührt, sondern den meisten fossilen Brennstoffen bei ihrer Anhäufung auch noch als fremde Mineralteile beigemengt wurde.

Bei der ausführlichen Behandlung der einzelnen hierher gehörigen Stoffe sind die Produktionsmengen angegeben, hier möge als ein Beispiel für ihre Bedeutung der jährliche Verbrauch der Reichshauptstadt an Brennstoffen angegeben werden.

Der jährliche Brennmaterial-Verbrauch der Reichshauptstadt.

Brennstoffe	1886. t	1896. t
Oberschlesische Steinkohle	835 885	934 052
Niederschlesische „	159 609	217 553
Englische „	116 277	146 870
Westfälische „	71 601	328 381
Sächsische „	7 198	8 279
Summe Steinkohlen	1 190 570	1 635 135
Deutsche Braunkohlen-Briketts	} 378 129	755 299
Deutsche Braunkohle		19 187
Böhmische „	156 076	102 742
Summe Braunkohlen	534 205	877 228
Hauptsumme	1 724 775	2 512 363

Es ist von Interesse, hieraus zu ersehen, in welchem Maße die einzelnen deutschen Gebiete nnd auch das Ausland (englische Steinkohle, böhmische Braunkohle) an der Brennmaterialzufuhr beteiligt sind und wie sich dieses Verhältnis in den letzten Jahren zu gunsten der westfälischen Steinkohle und der deutschen Braunkohlenbriketts verschoben hat, während der Verbrauch im ganzen erheblich gestiegen ist.

Der Graphit.

Im weiteren Sinne rechnen wir als ältestes Gebilde auch den Graphit zu den fossilen Kohlen, er findet sich an vielen Orten, doch nur selten so rein und in so großen Mengen, daß er abbauwürdig ist. Die Insel Ceylon und Österreich, hier besonders das südliche Böhmen, erzeugen die größten Mengen, nämlich jedes mehr als 20 000 t im Jahre, dann folgen Bayern mit etwa 3500 t, Italien mit 1500 t und mit kleineren Mengen die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Kanada, Sibirien und Japan. Die abbauwürdigen Graphitlagerstätten bilden unregelmäßige Linsen in den krystallinischen Schiefern und den ältesten sedimentären Formationen, der ceylonische ist der reinste, er

enthält 99,5 % Kohlenstoff, ist blätterig krystallinisch nnd hat schönen metallischen Glanz. Der Bergbau dürfte ein sehr einfacher sein, da er ausschließlich durch die Eingeborenen betrieben wird; die dortige Produktion wird zur Hälfte nach Europa, zur anderen Hälfte nach den Vereinigten Staaten ausgeführt. An den meisten anderen Fundorten ist der Graphit mit Thon gemengt, z. B. enthält der bekannte Passauer Graphit nur 50 % Kohlenstoff, eignet sich aber besonders gut zur Herstellung feuerfester Tiegel. Viele Graphitvorkommen müssen vor der Verwendung erst durch Mahlen und Schlämmen gereinigt werden, daher ist der Preis auch sehr verschieden, er schwankt zwischen 40 und 500 Mark für 1 t. Der reinste Graphit und zwar etwa 3 % der Produktion dient zur Anfertigung von Bleistiften, etwa 40 % werden bei der Gußeisendarstellung und Bearbeitung verwendet, 35 % gehen zur Herstellung von Schmelztiegeln und feuerfesten Materialien auf nnd etwa 10 % werden neuerdings zu Schmiermitteln für stark beanspruchte Lager verarbeitet. Für den letzteren Zweck wird namentlich der sogenannte Flockengraphit von Ticonderoga im Staate New York empfohlen. Besonderen Ruf haben die Schmelztiegel der Firma Bessel in Dresden, sie werden bis zu einer Größe für 1000 kg Kupfer hergestellt und halten durchschnittlich 60 Schmelzungen aus, auch die Münzstätten bedienen sich zum Umschmelzen der Edelmetalle dieser Graphittiegel.

Anthracit und Steinkohle.

Zwischen Anthracit nnd Steinkohle läßt sich ein scharfer, bestimmter Unterschied nicht machen, es findet vielmehr von der Steinkohle zum Anthracit ein allmählicher Übergang statt, auf den wir bei Besprechung der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Steinkohlen noch näher eingehen werden. Allgemein versteht man unter Anthracit eine schwer entzündliche, mit kurzer Flamme verbrennende und nur wenig Asche hinterlassende sehr harte Kohle, die oft metallischen Glanz hat. Die Hauptproduktionsgebiete des Anthracits sind Pennsylvanien und Wales in England, Deutschland erzeugt nur geringe Mengen. Die bergmännische Gewinnung ist dieselbe wie diejenige der Steinkohle.

Für die Einteilung der Stein- oder Schwarzkohle bietet die chemische Zusammensetzung keinen Anhalt, da sich zwei ganz gleich zusammengesetzte Kohlen vollständig verschieden verhalten können und auch nicht selten andere äußere Eigenschaften haben. Man benutzt daher einmal das Verhalten der Kohlen im Feuer und dann ihre physikalischen Kennzeichen zur Einteilung, da auch der spezielle geologische Horizont, in dem sie vorkommen, auf die Beschaffenheit keine bestimmten Schlüsse gestattet. Kommt es doch vor, daß dasselbe Flöz an zwei voneinander entfernten Orten verschiedene Kohlen liefert.

Nach dem Verhalten im Feuer unterscheidet man: Sandkohlen oder magere Kohlen, sie backen nicht zusammen und geben eine sandige Asche; die Sinterkohlen zeigen bei der Verbrennung Anfänge der Schmelzung, auch die Asche sintert zusammen; die Backkohlen oder fetten Kohlen schmelzen bei der Verbrennung und backen, wie der Name sagt, zusammen. Dementsprechend können die Sandkohlen, zu denen auch die Anthracite gerechnet werden, zur Verkokung nicht verwendet werden, die Sinterkohlen geben einen lockeren, wenig zusammenhängenden Koks, während die Backkohlen die zur Koksdarstellung am besten geeigneten Kohlen sind (vgl. hierüber den zweiten Teil dieses Bandes). Sand- und Sinterkohlen sind für Dampfkesselfeuerungen nnd Hausbrand am zweckmäßigsten, das bei denselben abfallende Kohlenklein wird neuerdings vielfach zur Erzeugung von Briketts verwendet. Dagegen eignen sich die backenden Kohlen außer zur Koksdarstellung besonders gut zur Gaserzeugung, auch als Schmiedekohlen sind sie geschätzt; die gasreichsten Arten werden auch als Gaskohlen unterschieden.

Ferner nennt man die Kohlen je nach der Flammenentwickelung kurz- und langflammige, die ersteren kommen nur unter den Sandkohlen vor, dagegen finden sich langflammige Kohlen sowohl unter Sand-, Sinter- als auch Backkohlen. Die letzteren sind für viele Hüttenprozesse erwünscht, bei denen, wie beim Flammofenbetriebe die Verbreitung der Wärme über einen größeren Raum von Belang ist.

Nach den äußeren physikalischen Kennzeichen unterscheidet man namentlich 2 Kohlenarten: Die Glanzkohlen haben tiefschwarze Farbe, wie der Name es bereits besagt

lebhaften Glanz, sie sind sehr spröde und spalten meistens gut senkrecht zu den Schichtflächen, so daß würfelige Stücke entstehen. Zu den Glanzkohlen gehört im weiteren Sinne auch der Anthracit, doch ist seine Farbe grauschwarz. Hiervon wesentlich unterschieden ist die **Mattkohle**; sie ist grau- bis braunschwarz, wenig glänzend, die Spaltbarkeit fehlt, der Bruch ist muschelig; hierzu rechnet man auch die **Cannelkohle**, die nach der leichten Entzündlichkeit benannt wurde, und die im Königreich Sachsen vorkommende **Pechkohle**.

Erheblich seltener als die beiden genannten Hauptarten ist die **Faserkohle**, sie besteht aus sehr zarten Pflanzenteilchen, hat Seidenglanz und färbt stark ab, sie kommt in größeren Mengen bei Zwickau in Sachsen vor und wird hier **Rußkohle** genannt. Alle Faserkohlen sind Sandkohlen.

Schiefer- oder Schichtenkohle nennt man solche Steinkohlen, welche aus abwechselnden Lagen von Glanz- und Mattkohle bestehen und daher im Querbruche eine gewisse Schichtung zeigen.

Die wichtigsten Verwendungsarten der Steinkohle sind die Dampferzeugung für die Kraftentwickelung, die Wärmeerzeugung für Haushaltung und Industrie, besonders auch für die hüttenmännischen Schmelzprozesse. Ferner verbrauchen die Gasanstalten erhebliche Mengen zur Leuchtgasbereitung, wobei ebenso wie bei der Koksdarstellung als Nebenerzeugnisse Ammoniak und Teer gewonnen werden. Die Herstellung von Koks ist namentlich für die Hochofenprozesse sowohl der Eisenhütten als auch der Erzhütten von der weitgehendsten Bedeutung, während Steinkohlenbriketts sich immer größerer Beliebtheit zur Dampfkesselfeuerung erfreuen.

Die erzeugten Kohlenmengen sind in den letzten Jahrzehnten immer mehr und mehr gestiegen; die Verteilung auf die wichtigsten Produktionsgebiete ist aus der beigedruckten Tabelle ersichtlich.

Steinkohlenproduktion der Erde nach Rothwell im Jahre 1896.

Land	metr. Tonnen	Land	metr. Tonnen
Europa		**Asien**	
Großbritannien . .	195 272 000	Japan	3 715 000
Deutschland . . .	112 437 700	Indien	2 725 000
Frankreich	28 870 100	**Nordamerika**	
Österreich-Ungarn . .	28 125 000	Vereinigte Staaten .	168 957 300
Belgien	21 250 000	Kanada	3 396 800
Rußland	7 785 000	**Afrika**	
Spanien	1 874 800	Transvaal	1 250 000
Italien	235 000	**Australien**	4 546 500
Schweden	210 000	Außerdem etwa . .	1 800 000
Summe	396 059 600	Summe	186 390 600

Hauptsumme 582 450 200 t.

In dieser Tabelle dürfte, wie aus dem Vergleich mit den weiter unten folgenden Zahlen hervorgeht, die Produktion Deutschlands — wohl unter Einreihung der Braunkohlenerzeugung — zu hoch angegeben sein.

Nach der Zusammenstellung ist **Großbritannien** dasjenige Land, welches die höchste Produktion aufzuweisen hat. Die Hauptkohlenbecken sind das **Mittelbecken**, mit über 5000 qkm Flächeninhalt, es umfaßt namentlich die Grafschaften Yorkshire, Lancashire, Staffordshire und Derbyshire und erzeugt fast die Hälfte der Gesamtproduktion, das Becken von **Newcastle** in den Grafschaften Durham und Cumberland mit 2000 qkm Umfang und dasjenige von **Südwales** in den Grafschaften Gtoucestershire und Somersetshire. Schottlands wichtigster Kohlendistrikt ist das **Clydebecken**. Bezüglich des Bergbaues in Wales sei noch kurz erwähnt, daß dort die Flöze auf große Erstreckungen unter dem Meere abgebaut wurden, allerdings sind auch in einige Gruben die Wogen des Meeres eingedrungen.

Außer der großen Ausdehnung der Kohlenbecken kommt dem Steinkohlenbergbau Großbritanniens die leichte Gewinnung wegen der ungestörten Ablagerung und bequeme



Schächte des Westfeldes.

Verladung auf dem Seewege außerordentlich zu statten. Hierin ist es auch begründet, daß Großbritannien mehr Kohlen ausführt, als irgend ein anderer Staat und zwar 44,6 Millionen Tons (1896), also fast 1/4 seiner Produktion; davon empfangen die Hauptmengen Frankreich, Italien und Schweden, während kleinere Mengen nach Rußland, Spanien und auch nach Deutschland verladen werden.

Die Verteilung der Steinkohlenförderung **Deutschlands** auf die wichtigsten Kohlenreviere ist die folgende:

Deutschlands Steinkohlenförderung im Jahre 1896.

Revier	metr. Tonnen	Arbeiterzahl
Oberschlesien	19 613 000	56 004
Niederschlesien	4 065 700	19 069
Provinz Hannover	571 700	3 467
Ruhrkohlenrevier	44 893 300	161 870
Saarbrücken	7 820 700	34 209
Wurmrevier	2 021 300	8 960
Königreich Sachsen	4 880 000	21 821
Außerdem etwa	600 000	3 000
Summe	84 465 700	308 400

Danach ist das **Ruhrsteinkohlenbecken** bei weitem das wichtigste, wir lassen daher einige Zahlen über die Entwickelung des dortigen Bergbaues folgen:

Steinkohlenförderung im Ruhrgebiet.

Jahr	Millionen Tonnen	Arbeiterzahl	Jahr	Millionen Tonnen	Arbeiterzahl
1840	rund 1	rund 9 000	1880	rund 22	rund 80 000
1850	„ 2	„ 13 000	1890	„ 35	„ 128 000
1860	„ 4	„ 29 000	1895	„ 41	„ 155 000
1870	„ 12	„ 51 000	1896	„ 45	„ 162 000

Das Ruhrgebiet verfügt über eine große Anzahl — etwa 70 — abbauwürdige Flöze von mittlerer Mächtigkeit (1, selten 2 m), ähnlich liegen die Verhältnisse in Saarbrücken. Während im Ruhrgebiet der Kohlenbergbau nur von der Privatindustrie betrieben wird, ist in Saarbrücken der gesamte Bergbau staatlich.

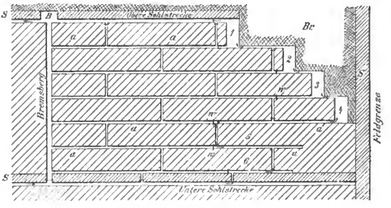
Die bei weitem mächtigsten Steinkohlenflöze im gesamten preußischen Staate hat Oberschlesien, es kommen dort im Felde der königlichen Grube **Königin Luise** mit **Guido** das Flöz Reden-Bohammer mit 10—14 m Kohle und das Flöz Schuckmann mit 7—9,5 m Kohle vor, außerdem jedoch noch eine Anzahl anderer, weniger mächtiger Flöze. Die genannte Grube hat die größte Förderung im preußischen Staate, nämlich im Durchschnitt der letzten Jahre 2 700 000 t jährlich mit 8400 Mann Belegschaft. Solchen großartigen Leistungen müssen auch bedeutende Betriebsmittel entsprechen, wie die vortreffliche Aufnahme von Tischentischer in Königshütte sie zeigt (nebenstehende Tafel). Wir überblicken drei Förderschächte, zwischen ihnen, über den Gleisanlagen errichtet die leistungsfähigen Anlagen für das Trennen nach Korngrößen und die unmittelbare Verladung in die Eisenbahnwagen.

Wenn man von einer Jahresförderung in der Höhe von 2,7 Millionen Tonnen Steinkohle spricht, so ist es vielleicht zweckmäßig, da bei so großen Zahlen der Maßstab leicht fehlt, sich die Bedeutung solcher Mengen durch andere Maße näher zu rücken. Nehmen wir an, daß ein Doppelwagen unserer Eisenbahnen, der 10 t Steinkohlen ladet, im Mittel 8 m Länge zwischen den Puffern hat, so würden, um 1 Million Tonnen Steinkohle zu laden, 100 000 Doppelwagen nötig sein, die, einer unmittelbar an den anderen geschoben, eine Gleislänge von Berlin bis nach Wien (etwa 800 km) gerade ausfüllen würden, die Jahresproduktion der genannten Grube ergibt also eine gesamte Zuglänge von 2160 km.

Werfen wir wegen der außerordentlichen Höhe der Produktion noch einen kurzen Blick auf den Steinkohlenbergbau der **Vereinigten Staaten** von Nordamerika. Dieselben

besitzen östlich von den Felsengebirgen vier Steinkohlenbecken: das große **Appalachische** oder **östliche Becken**, welches im nordöstlichen Teile die wertvollen Anthracitflöze Pennsylvaniens umschließt und sich in südwestlicher Richtung über fast 1500 km bis nach **Alabama** erstreckt. Die Förderung aus diesem Becken beträgt fast 60% der Gesamtförderung der Vereinigten Staaten. Weiter westlich finden wir das mittlere oder **Illinois-Becken**, nördlich im Seengebiet das **Michigan-Becken** und zwischen Mississippi und den Felsengebirgen das ausgedehnte westliche Becken, welches zur Zeit am stärksten in den Staaten **Iova** und **Missouri** ausgebeutet wird, sich aber auch über **Nebraska**, **Kansas**, **Arkansas** und **Texas** erstreckt. Auch die Felsengebirge und die Küste des Stillen Ozeans besitzen Kohlenfelder, die jedoch weniger erforscht und minder wichtig sind.

In Ostasien beginnt die Kohlenindustrie sich gewaltig zu regen, zwar liegen in **China** die ausgedehnten Kohlenfelder fast noch unbenutzt, aber in **Japan** wird bereits eifrig Steinkohle gefördert, die übrigens dem Tertiär angehören soll. Die produktivste Grube liegt in der Nähe von **Nagasaki**, ist mit Einrichtungen für Eisenbahn- und Schiffsverladung ausgerüstet und fördert zur Zeit 2500—3000 t täglich, wahrlich eine erstaunliche Leistung!



270. Pfeilerbruchbau auf Steinkohlenflözen.

Auf dem australischen Kontinente sind in Queensland und Neusüdwales, ferner auf Tasmanien und Neuseeland ausgedehnte Kohlenvorkommen nachgewiesen und in Betrieb genommen. Australische Kohle wird bereits von Newcastle in Neusüdwales und von Brunnerton an der Westküste der Südinsel von Neuseeland über den Stillen Ozean nach Nord- und Südamerika und auch nach den südlichen und östlichen Küsten Asiens verfrachtet.

Bei dem beständig wachsenden Verbrauche dieses wichtigen Minerales hat die Beantwortung der Frage die größte Bedeutung „**wie lange werden in den alten Kulturländern die Kohlenvorräte noch ausreichen?**“ Hierüber sind bereits gründliche Arbeiten abgefaßt. Der preußische Geheime Bergrat Nasse beantwortet die Frage folgendermaßen, indem er nur die bis zu einer Tiefe von 1200 m vorhandenen Steinkohlen in Betracht zieht und außerdem annimmt, daß der Verbrauch in gleichem Maße, wie in den letzten Jahrzehnten weiter steigen werde: Es würden Österreich-Ungarn, Frankreich, Belgien und Großbritannien noch 500 Jahre, die Vereinigten Staaten von Nordamerika noch 650 Jahre und Deutschland noch 900 Jahre lang über die nötigen Steinkohlen verfügen. Demnach können wir also in dieser Beziehung getrost in die Zukunft sehen!

Die **Lagerung der Steinkohlenflöze** ist gewöhnlich eine wenig geneigte, bis 10 und 15° im Gegensatz zu den Erzgängen, bei denen steile Lagerung, 75° etwa, das Vorwiegende ist. Die Steinkohlenflöze finden sich in vielen Fällen ohne wesentliche Verunreinigungen, und zwar sind Flöze von 1,5—2,5 m Mächtigkeit am häufigsten. Die für dieselben angewendete Abbaumethode, den **Pfeilerbau**, Pfeilerbruchbau oder Pfeilerrückbau, wollen wir später schildern.

Kommen Flöze von wesentlich geringerer Mächtigkeit vor, oder solche, die stark durch taube Zwischenlagen verunreinigt sind, so wird eine Abbaumethode mit Bergeversatz angewendet, der Strebbau, den wir bei Besprechung des Mansfelder Kupferschieferbergbaues eingehend erläutert haben. In den selteneren Fällen, in denen Steinkohlenflöze durch Faltung des Schichtensystems steil aufgerichtet sind, wird zu einer dem Firstenbau ähnlichen Abbaumethode gegriffen (vergl. den unter Silber näher beschriebenen Freiberger Bergbau). Da die Steinkohlenflöze gewöhnlich in älteren Schichtensystemen vorkommen, die von jüngerem Gebirge überlagert sind, so kann Tagebau, wie er bei der Braunkohle häufig ist, nur selten angewendet werden. Das geschieht beispielsweise zu **Dombrowa** in Russisch-Polen nahe der schlesischen Grenze und auch in Pennsylvanien. An diesen beiden Örtlichkeiten streichen sehr mächtige Flöze zu Tage aus.


271. Rauben des Holzes im Abbau.

Der **Pfeilerbau**, wie er überall auf reinen Steinkohlenflözen ausgeführt wird, ist dadurch gekennzeichnet, daß man nach dem Herausnehmen der Kohlen das Hangende hereinbrechen (zu Bruche gehen) läßt. Das zu Bruche gegangene Feld (Bruchfeld) ist für den Betrieb unbequem, da sich in ihm leicht schädliche Gase entwickeln, sich auch gewöhnlich ein besonders starker Gebirgsdruck geltend macht. Es würde daher unzweckmäßig sein, in der Nähe des Schachtes abzubauen und zwischen Schacht und Betriebe ein Bruchfeld zu legen. Dieses ist der Grund, weshalb der Kohlenbergmann stets mit seinen Hauptstrecken bis an die Feldgrenze vordringt und von dort nach dem Schachte zu, also rückwärts, abzubauen beginnt, man spricht daher auch von Pfeilerrückbau. Bei derart eingerichtetem Betriebe stört das Bruchfeld sehr viel weniger. Unsere Abb. 270 zeigt das erste an der Grenze gelegene und im Abbau begriffene Feld. Von dem Flözstreifen,

welcher zwischen der oberen und unteren Sohlstrecke gelegen ist, wird durch Anlage eines Bremsberges eine namentlich von der Stärke des Gebirgsdruckes abhängige Länge abgetrennt. In diesem Felde werden durch Abbaustrecken a, deren oberste zuerst in Angriff genommen wird, vom Bremsberge aus schmälere Kohlenstreifen, die sogenannten Pfeiler (1 bis 6) abgetrennt und diese dann von der Feldgrenze her abgebaut, d. h. die Kohle herausgehauen, der Arbeitsraum soweit nötig durch Einbau von Holz unterstützt, dann aber dieses herausgenommen (geraubt) und dadurch das Hangende zum Niederbrechen veranlaßt. So nähert man sich allmählich dem Bremsberge, und wenn dieser erreicht ist, wird ein zweites Feld in Angriff genommen. An der Feldgrenze und an den Hauptstrecken entlang läßt man zu deren Sicherung Streifen Kohle stehen, die Sicherheits-



272. Bruchfeld. Nach Börner und Georgi, „Der Kohlenbergmann". Verlag Craz u. Gerlach, Freiberg.

pfeiler (S) genannt werden. Die frische Luft wird auf der unteren Strecke — in der Pfeilrichtung — zugeführt, durch eingebaute Wetterthüren oder Wettergardinen w so geführt, daß sie an den Arbeitsorten entlang strömt und auf der oberen Sohlstrecke zum Wetterschachte gelangt. Die Kohlen werden auf den Abbaustrecken bis zum Bremsberge gefördert und mittels der bei B aufgestellten Bremseinrichtung bis zur unteren Sohlstrecke herabgebremst.

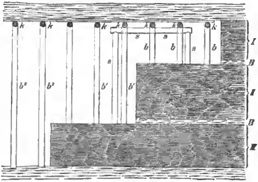
Das Rauben des Holzes ist die gefährlichste Arbeit, es gehört hierzu viel Erfahrung und Geschick (Abb. 271). Manches von den Hölzern ist bereits gebogen, ja sogar geknickt, das Hangende ist bereits in Bewegung geraten und muß nach und nach niederbrechen, damit die Arbeit vor den Abbauorten sicher ausgeführt werden kann und sich nicht in den offenen Räumen schädliche Gase ansammeln. Mit langgestielten Werkzeugen wird gearbeitet, hier werden Hölzer mit der Axt eingehauen, dort unter anderen an der Sohle etwas Luft gemacht, bis es gelingt, sie mittels umgelegter Kette oder langer Stange zum Brechen zu bringen oder sie ganz herauszunehmen. Dabei muß der Arbeiter

stets auf seine Sicherheit bedacht sein und das Gebirge und die Druckwirkung beständig beobachten.

Unsere Abb. 272 gibt ebenfalls ein ausgezeichnetes Bild des Bruches. Wohl aus rein örtlichen Gründen ist derselbe hier dem Arbeitsorte (links ist der Kohlenpfeiler) sehr nahe gerückt, durch starke Hölzer, Bruchstempel, sind die Arbeiter gegen weiteres Nachbrechen gesichert.

Auch bei mächtigeren Flözen wird in dieser Weise gebaut, z. B. auf dem 4—6 m starken Flöze, das im Plauenschen Grunde bei Dresden abgebaut wird. Abb. 275 zeigt ein solches Abbauort. Es kann dort Schießarbeit angewendet werden, da keine Schlagwetter auftreten. Der Betriebsdirektor prüft gerade die Ausführung der Arbeit.

Namentlich dann, wenn das Dach des Flözes brüchig ist und im Flöze Lagen von Bergen (Bergemittel, B Abb. 273) vorkommen, zieht man vor, die Kohlenmächtigkeit nicht auf einmal, sondern in wagerechten Abschnitten (bankweise), wie es durch die Bergeschichten bedingt ist, herauszunehmen. Man gewinnt zuerst die obere Kohlenbank, wobei die Berge ausgehalten werden, und unterstützt das Dach durch Kappen k, Verzug und Stempel b, auf diese Weise rückt man einige Meter vor, sodann werden die Kappen durch einen Hilfsbau unterfangen und bei Hereingewinnung der Mittelbank die Stempel b allmählich durch längere b¹ ersetzt, und wiederum die Berge der zweiten Schicht ausgehalten. Ebenso verfährt man, wenn man bei Gewinnung der dritten Bank die Stempel b¹ gegen die noch längeren b² austauscht, womit dann die ganze Kohlenmächtigkeit herausgehauen ist. Auch hier werden beim Fortschreiten des Baues schließlich die Stempel b² geraubt und das Hangende geht zu Bruche. — Man nennt diesen Abbau auch stroßweisen, da er von oben nach unten fortschreitet, es bietet dies den Vorteil, daß das Dach früher als beim gleichzeitigen Abbau der ganzen Mächtigkeit unterstützt werden kann.



273. Stroßweiser Abbau.

Der Pfeilerbruchbau veranlaßt mehr als die Abbaumethoden mit Bergeversatz Senkungen der Oberfläche, da das Nachbrechen des Hangenden sich zwar langsam aber sicher nach und nach auch an der Oberfläche geltend macht. Unter wertvollen Baulichkeiten bleiben daher die Flöze unberührt, man läßt, wie der Bergmann sagt, Sicherheitspfeiler stehen.

Weil das hangende Gebirge durch den Abbau mehr und mehr in Bewegung kommt, hat der Kohlenbergbau in seinen Strecken ganz bedeutenden Druckwirkungen Widerstand zu leisten. Einige Beispiele werden das Gesagte erläutern. Strecken, die 2,5 m hoch und 2 m breit aufgefahren und mit starkem Holze verbaut wurden, sind nach einigen Monaten so zusammengedrückt, daß man kaum hindurchkriechen kann. Abb. 274 zeigt den Umbau einer solchen Strecke, die alten Thürstöcke sind im Hintergrunde sichtbar, die Stempel sind in die Sohle hineingedrückt, die hangenden Schichten sind geknickt und haben sich gesenkt, der Arbeiter ist beschäftigt, das alte Holz herauszunehmen, an den Stößen und der Firste Kohle nachzureißen und neue Thürstöcke in den früheren Abmessungen aufzustellen. Auch eiserner Ausbau, mit dem man vielfache Versuche gemacht hat, hält den Druck auf die Länge der Zeit nicht aus, die eisernen Bögen werden zuerst schief gedrückt (Abb. 276) und brechen dann, wenn die Strecke nicht umgebaut wird, gewöhnlich in den Laschen. Übrigens ist der Umbau eisernen Ausbaues schwierig, da die einzelnen

Stücke im ganzen herausgenommen werden müssen, während bei der Zimmerung mit der Axt leicht nachgeholfen werden kann.

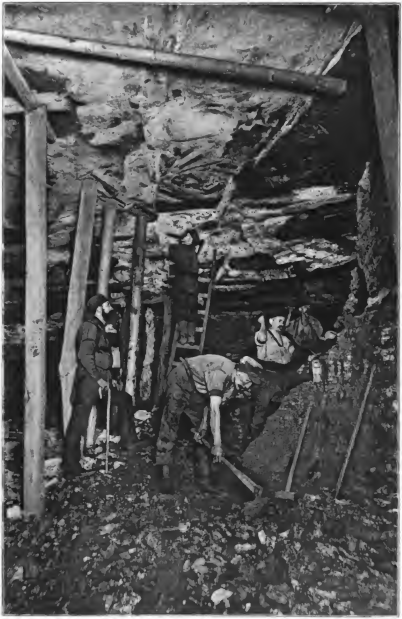
Wegen der großen Mengen von Kohlen, welche zu beschaffen sind, werden im Kohlenbergbau an die Förderung bedeutende Anforderungen gestellt. Man entspricht dem dadurch, daß die Hunde aus den Abbaufeldern auf Hauptstrecken vereinigt und dann durch Pferde, elektrische Lokomotiven oder bei sehr großen Massen und langen Förderwegen durch Seil oder Kette ohne Ende zu den Schächten gefördert werden. Die Schachtfördergestelle bieten für vier, ja selbst für sechs oder acht Hunde auf einmal Platz.



274. Wiederaufbau einer verdrückten Strecke.

Die grimmigsten Feinde des Kohlenbergmannes sind leider immer noch die Schlagwetter, mit ihnen der explosible Kohlenstaub und der Grubenbrand. Zwar sind die Fortschritte der Bergbautechnik zur Bekämpfung dieser Gefahren bedeutende, aber es bedarf unausgesetzter Aufmerksamkeit von allen Seiten, um das Unheil zu bannen. Bedauerlicherweise bringt zuweilen die Unvorsichtigkeit eines einzelnen Mannes oder eine unvorhergesehene Verkettung von Zufällen Tod und Verderben über die Belegschaft einer ganzen Grube. Da wird durch eine zu früh sich lösende Kohlenmasse an einem Arbeitsorte der Glaszylinder einer Sicherheitslampe zertrümmert, der Kohlenstaub wirbelt auf, gleichzeitig entströmt einer eben erst durch die abbröckelnde Kohle freigelegten Kluft das verderbenbringende Gas. Zwar will der Häuer eilends hinzuspringen, um die frei brennende Lampenflamme zu verlöschen — aber das Unglück ist schon geschehen, die Explosionsflamme zuckt auf, und der Kohlenstaub trägt sie blitzschnell durch die Strecken weiter, aus den verlassenen Abbaufeldern treten größere Mengen von Gasen aus, eine furchtbare Nachexplosion folgt. Die Erde erzittert, und dumpfer Donner rollt durch die Baue — die sengende Flamme hat im Augenblick das Leben, das sie erreichte, auch vernichtet, nun ziehen unatembare Gase, die Nachschwaden durch die Baue.

Den Gefährten aber, welche in der Nähe der Stätte des Unheils arbeiten, stockt wohl in Ahnung des Fürchterlichen, das geschehen, plötzlich das Blut in den Adern, und erbleichend sehen die sonst so unerschrockenen Männer sich an. Aber hier gilt es, keine Zeit zu verlieren, und nach kurzer Überlegung, wo die Explosion wohl stattgefunden hat, wohin



275. Fortgeschrittener Abbaubetrieb.
Börner und Georgi, „Der Kohlenbergmann“. Verlag Craz u. Gerlach, Freiberg.

die betäubenden Nachschwaden etwa ziehen, welcher Weg wohl frei sei, eilen die Arbeiter, entweder um ihren Genossen Hilfe zu bringen, oder sie wenden sich zu schneller Flucht, um dem Tode in der Tiefe zu entrinnen. Vor allem gilt es, in einen frischen Wetterstrom zu gelangen; und wenn das Glück hold ist, wenn sie sich weiter entfernt vom Herde der Explosion befanden, wenn sie den richtigen Weg einschlugen, erreichen sie wohl den rettenden Schacht. Oder sie sehen am Zustand der Baue und am Zuströmen guter Wetter, daß ihnen selbst keine Gefahr droht; dann versuchen auch sie, zu den Verunglückten vorzudringen.

Denn wenn auch die Explosionsflamme manchen getötet hat, andere Kameraden sind gewiß nur leicht verbrannt, und außer den im Nachschwaden Erstickten gibt es auch Betäubte, die allein durch Atmung frischer Luft das Bewußtsein wieder erlangen; noch andere sind durch das Einstürzen der Baue an der Flucht gehindert und harren nun der Befreier. Zunächst müssen die frischen Wetter durch Wiederherstellung der etwa beschädigten Ver-



276. Eisenausbau einer zweitrümigen Strecke, durch den Gebirgsdruck verschoben.

schlüsse wieder in die richtigen Bahnen gelenkt werden, damit die Retter nach Entfernung der betäubenden Gase bis an die Stätte des Unglücks vordringen können. Freilich hat der Tod dort seine Ernte gehalten, die Leichen der Verbrannten und Erstickten müssen geborgen werden, doch am wichtigsten ist es, diejenigen, in denen das Leben noch nicht ganz erloschen ist, ans Tageslicht zu schaffen und den Ärzten zu übergeben. Aber die Arbeit ist schwer und gefährlich, wenn sich die Retter zu weit in die mit schlechten Wettern erfüllten Baue vorwagen, dann sinken sie wohl selbst erschöpft und bewußtlos nieder.

Die Kunde von dem Unglück hat sich blitzschnell auch über Tage verbreitet, der Donner der Explosion war ja vernehmlich genug, und die dunkle Wolke, die kurze Zeit darauf dem Wetterschachte entstieg, bestätigte, daß ein Unglück geschehen. So eilen denn die übrigen Arbeiter, Beamte und Ärzte herbei, um an den Rettungsarbeiten teilzunehmen. Und wer könnte es den Frauen, den Eltern und Kindern der angefahrenen Knappen verübeln, daß sie den Schacht umdrängen und erkunden wollen, ob den Gatten, den Vater das Unheil traf, oder ob er gesund der Tiefe entstieg. Hier wirft sich ein Weib

laut aufjubelnd vor Freude an die Brust des Mannes, der soeben aus der Grube kam — dort wartet ein altes Mütterchen vergeblich auf den Sohn, der immer noch nicht erscheint, und weiter drüben in der geräumigen Halle der Zimmerleute bettet man die Gefährten, welche die letzte Schicht verfuhren. Bei den Verbrannten ist es oft schwer, die Namen festzustellen, wenn nicht die Nummer der Lampe oder ein zufälliges Kennzeichen als Merkmal dient. Wer fühlte da nicht tief ergriffen mit den Angehörigen, deren Schmerz sich hier in stiller Verzweiflung, dort in lautem Jammer Luft macht, wenn sie ihre Lieben, die sie erst vor wenig Stunden gesund entließen, so wiederfinden.

Erleichtert atmen die Beamten auf, wenn die Baue wieder zugänglich sind und die Gewißheit vorliegt, daß die Zahl der Opfer nur klein war. Die Hauptbestrebungen der



277. Beneßung des Kohlenstaubes. Nach Börner u. Georgi, „Der Kohlenbergmann" Verlag Craz u. Gerlach, Freiberg.

Bergbautechnik sind denn, außer auf die Verhütung der Explosionen, besonders auch darauf gerichtet, das Umsichgreifen derselben zu verhindern. Werfen wir auf diese Errungenschaften der Neuzeit noch einen kurzen Blick!

Schlagwetter sind keineswegs in allen Kohlengruben vorhanden, so gehören sie im oberschlesischen Kohlenrevier zu den Seltenheiten, in Westfalen und Saarbrücken jedoch sind sie leider häufig. Schlagwetter nennen wir das Gemenge von Grubenluft mit dem Grubengas, wissenschaftlich leichtes Kohlenwasserstoffgas oder Methan genannt. Dieses entwickelt sich aus dem Steinkohlengebirge und zwar in geringem Grade überall dort, wo beim Vortrieb der Baue neue Teile der Flöze freigelegt werden. Das Grubengas dürfte als hoch gespanntes Gas in den Kohlen enthalten sein und tritt aus den Stößen in die Baue aus. Anderseits entströmt es zuweilen als Bläser in großen Mengen den Klüften des Gebirges. Bei Gegenwart von entzündlichem Kohlenstaub sind schon Gemenge mit wenigen Prozenten Grubengas explosibel, ja bei sehr gasreichen Kohlen kann der Kohlenstaub allein zu Explosionen Veranlassung geben. Ist jedoch kein Kohlenstaub vorhanden, so

tritt Entzündlichkeit eines Schlagwettergemenges erst ein, wenn der verhältnismäßig hohe Gehalt von 6 % Grubengas erreicht wird. In Schlagwettergruben mit entzündlichem Kohlenstaub wird daher der letztere durch reichliches Sprengen von fein zerstäubtem Wasser unschädlich gemacht (Abb. 277). Durch das ganze Werk sind Rohrleitungen mit Druckwasser gelegt, an den Arbeitsorten werden dieselben durch Gummischläuche mit Mundstücken, die das Wasser fein verteilen, verlängert. Auch auf den Hauptstrecken sind entsprechende Einrichtungen vorhanden. Besonders vor dem jedesmaligen Entzünden eines Sprengschusses wird von diesen Einrichtungen Gebrauch gemacht.

Das einzige Mittel, welches uns zur Verfügung steht, um die Schlagwetter unschädlich zu machen, besteht in der Zuführung so bedeutender Mengen frischer Luft, daß hierdurch der Gehalt an Grubengas vor allen Arbeitsorten weniger als 2 % beträgt. Dort, wo die Sprengarbeit angewendet werden soll, dürfen auch nicht Spuren von Schlagwettern vorhanden sein.



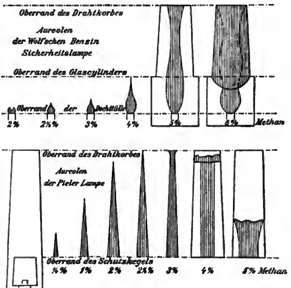
278. Davy-Lampe. 279. Müseler-Lampe. 280. Wolffsche Lampe.

Zu diesen Untersuchungen dient uns die für den Kohlenbergbau in Schlagwettergruben unentbehrliche Sicherheitslampe. Da sich Schlagwetter an der offenen Lichtflamme entzünden, dürfen gewöhnliche Grubenlampen nicht benutzt werden. Die erste Sicherheitslampe wurde von dem Engländer Davy im Jahre 1815 angegeben. Die Lampenflamme ist von der Grubenluft durch ein dichtes Drahtnetz getrennt (Abb. 278 bis 280), entzünden sich Grubengase an der Lampenflamme, so verhindert erfahrungsgemäß das Drahtnetz die weitere Verbreitung der Entzündung, solange es nicht rotglühend wird; eine bläuliche Flamme brennt, gewöhnlich nur kurze Zeit, im Inneren des Drahtkorbes und verlischt dann. Die Davylampe hat im Laufe der Jahrzehnte wesentliche Verbesserungen erfahren, durch Einfügung eines starken Glaszylinders und später durch Anwendung von Benzin als Brennstoff wurde die Leuchtkraft wesentlich erhöht. Übrigens wird das leicht entzündliche Benzin nicht flüssig in der Lampe mitgeführt, sondern der Behälter der Lampe ist mit Watte gefüllt, diese saugt das Benzin auf und gibt es allmählich an den Docht ab. Zur brauchbaren Sicherheitslampe gehört jetzt auch ein Verschluß, der dem Arbeiter das Öffnen derselben in der Grube nicht gestattet, und eine nahe bei der Tülle eingebaute Zündvorrichtung, die das gefahrlose Anzünden der erloschenen, aber verschlossenen Lampe in der Grube ermöglicht. In Belgien wird zur Zeit am meisten die Müseler-Lampe (Abb. 279) benutzt, bei welcher zur Regelung der Luftzuführung innerhalb des Drahtnetzkorbes ein Blechschornstein eingebaut ist; in Deutschland ist eine

der verbreitetsten Sicherheitslampen diejenige der Firma Wolf in Zwickau (Abb. 280), sie hat einen Verschluß, der nur mit Hilfe eines kräftigen, über 10 kg schweren Magneten geöffnet werden kann.

Der Wert unserer Sicherheitslampen wird ganz wesentlich dadurch erhöht, daß sie es in leichtester Weise gestatten, die Gegenwart von Schlagwettern zu ermitteln. Man verkleinert zur Beobachtung durch Herunterschrauben des Dochtes die Lampenflamme so weit, daß nur ein kleines schwach leuchtendes Küppchen übrig bleibt. Nähert man nun die Lampe vorsichtig der Firste, an der sich wegen des geringeren spezifischen Gewichtes die Schlagwetter zuerst zu zeigen pflegen, so verlängert sich die Flamme mit bläulichem Scheine, es bildet sich die sogenannte Aureole. Abb. 281 zeigt im oberen Teile diese Erscheinungen an der Wolfschen Benzinlampe. Noch geringere Mengen von Grubengas lassen sich mit der Alkohollampe (von Pieler eingeführt) nachweisen, welche nach Art der Davy-Lampe ausgeführt ist und schon bei einem Gehalte der Grubenluft von $^1/_4$% Grubengas eine Aureole zeigt. Im unteren Teile der Figur sind die Reaktionen der Pieler-Lampe gezeichnet.

Tragbare elektrische Lampen (Accumulatorlampen), deren allgemeine Form Abb. 282 zeigt, sind auch schlagwettersicher, da der glühende Kohlenfaden mit der äußeren Luft nicht in Berührung kommt, sie werden sich jedoch so lange im Grubenbetrieb nicht allgemein einbürgern, als sie erheblich teurer und schwerer sind als die Sicherheitslampen und solange es nicht gelingt, mit denselben einen zuverlässigen Schlagwetterindikator zu verbinden. Nur beim Arbeiten in unatembaren Gasen finden sie zur Zeit im Bergbaubetrieb Benutzung.



281. Bildung der Aureole.

Dort, wo die Arbeit mit der Keilhaue nicht ausreicht und Sprengschüsse im Kohlenbergbau angewendet werden müssen, ist mit besonderer Vorsicht zu verfahren, da bei der gewöhnlichen Art des Sprengens sowohl das Feuer der Zündung als auch die hocherhitzten Sprenggase Schlagwetter oder Kohlenstaub zur Entzündung bringen könnten. Es gilt daher als allgemeine Regel für Schlagwettergruben: ein Sprengschuß darf nur gezündet werden, wenn der Kohlenstaub durch Benetzung mit Wasser entfernt ist und nachdem die Untersuchung des Ortes mit der Sicherheitslampe ergeben hat, daß keine Schlagwetter vorhanden sind. Ferner wird gewöhnlich die elektrische Zündung angewendet, bei der eine offene Flamme nicht entsteht. Auch hat man Sprengstoffe hergestellt, die bei der Explosion wenig Flamme entwickeln (kurzflammige Sprengstoffe) und, solange nur bestimmte Mengen derselben zur Anwendung gelangen, wie durch Versuche erwiesen ist, auch hochprozentige Gemische von Schlagwettern und Kohlenstaub nicht zur Explosion bringen. Man nennt diese Sprengstoffe daher wohl auch Sicherheits-Sprengstoffe. Die am meisten angewendeten sind die folgenden: Securit und

Roburit, sie bestehen aus Salpeter (und zwar Ammoniak- und Kalisalpeter) und aus Dinitrobenzol. **Westfalit** besteht aus 94 % Ammoniaksalpeter und 6 % Harz als Kohlenstoffträger, auch im **Dahmenit** und **Progressit** ist der Hauptbestandteil Ammoniaksalpeter. Dagegen enthält der zur Zeit besonders empfohlene **Kohlenkarbonit** eine Mischung von Nitroglycerin, Kalisalpeter und Roggenmehl.

Die Feststellung, ob und inwieweit diese Sprengstoffe in Gegenwart von Schlagwettern und Kohlenstaub ungefährlich sind, erfolgt in besonderen über Tage erbauten Schießstrecken, in welche explosible Gasgemenge auch Kohlenstaub eingeführt werden können.

Durch die Einführung der **elektrischen Kraftübertragung** für die Bergbautechnik ist dieselbe zwar um ein wesentliches Hilfsmittel bereichert, es läßt sich aber nicht verkennen, daß für Schlagwettergruben mit der Anwendung der Elektrizität gewisse Gefahrenquellen unzertrennlich sind, denen bei der ganzen Anlage Rechnung getragen werden muß. So werden alle Kontakte, durch die ja Öffnungs- und Schließungsfunken entstehen müssen, entweder luftdicht eingeschlossen oder unter Öl angeordnet, funkengebende Teile der Elektromotoren, wie die Kommutatoren werden mit Drahtnetzhaube versehen. Gegen das Erglühen von Leitungsteilen infolge Durchführung zu starker Ströme schützt man sich durch Anordnung von luftdicht verschlossenen Bleisicherungen, deren Abschmelzen den Strom rechtzeitig unterbricht u. s. w.

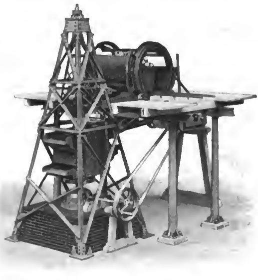


282. Elektrische Grubenlampe nach Pallak.

Außer den Schlagwettern ist es leider der **Grubenbrand**, der gerade in den letzten Jahren viele Opfer gefordert hat; er kommt zwar auch auf Erzgruben vor, ist jedoch dort meistens eine Folge von Unachtsamkeit. Dagegen sind Braun- und Steinkohlengruben der Entzündung der Lagerstätte auf natürlichem Wege ausgesetzt. Viele Kohlen nehmen aus der Luft begierig Sauerstoff auf und erwärmen sich hierbei, die Hitze steigert sich allmählich so weit, daß Brand ausbricht. Dann aber entwickeln sich schädliche Gase (Brandgase), die namentlich aus Kohlensäure und dem ungemein giftigen Kohlenoxydgas bestehen, außerdem aber von Rauch und Qualm erfüllt sind, während der Sauerstoff der Luft verzehrt ist. Die Gefahr des Grubenbrandes besteht nicht nur darin, daß wertvolle Teile der Lagerstätte verbrennen und die Zimmerung in Brand gerät, sondern die entstehenden Brandgase sind eben so gefährlich, wie die bei einer Schlagwetterexplosion entstehenden Nachschwaden, sie sind unatembar, hemmen die Arbeiten zur Bekämpfung des Brandes und gefährden die beim Löschen beschäftigte oder von ihnen überraschte Mannschaft. Beim Einatmen solcher Gase treten sehr bald Bewußtlosigkeit, Krampfzustände und der Tod ein. Es ist schwer, einen entstandenen Grubenbrand zu löschen, daher muß das Bestreben des Kohlenbergmannes zuerst darauf gerichtet sein, das Ausbrechen des Brandes zu verhüten. Mit allen leicht entzündlichen Stoffen ist in der Grube größte Vorsicht geboten, ferner muß rein abgebaut werden d. h. es darf keine Kohle im Bruche verbleiben, da dieselbe sich hier leicht entzündet und der Brandherd unzugänglich ist, endlich sind alle Vorkehrungen zu treffen, um einen entstandenen Grubenbrand zu löschen. Hierher gehört die sorgfältige Beobachtung aller Teile der Grube; sobald sich an einem Punkte die Kohle erwärmt, muß sie herausgehauen, durch Wasser abgekühlt und abgefördert werden. Auch sind Vorkehrungen zu treffen, um, falls es nötig ist, ein Brandfeld schnell luftdicht absperren zu können, denn hiermit ist das einzige Mittel gegeben, um nach größerer Ausdehnung den Brand zu löschen. In den Strecken wird an geeigneten Stellen die Herstellung luftdichter Abschlüsse, einschließlich Herbeischaffung des Materiales, vorbereitet. Oft kann man erst nach Monaten mit Aussicht auf Erfolg die Verschlüsse öffnen.

Liegt das in Brand geratene Kohlenflöz nahe an der Oberfläche, so machen sich die Folgen wohl auch dort bemerklich. In Oberschlesien findet man zuweilen derartige Brandfelder, auch der **brennende Berg**, wie er im Volksmunde heißt, zwischen Sulzbach und Dudweiler ist bekannt. Öde liegt das Land da, die Vegetation ist völlig erstorben, zum Teil ist der Boden rot gebrannt und von Spalten durchzogen, aus denen namentlich nach Regentagen Rauch und stechende Dämpfe aufsteigen, nachts gewahrt man wohl auch Flammen; weiße und gelbe Salze kristallisieren an den heißesten Stellen aus. Das Betreten solcher Brandfelder ist gefährlich, da nicht selten Rutschungen und Einbrüche erfolgen, auch betäubende Dünste dem Boden entsteigen.

Bei Ausführung von Arbeiten in den Brandfeldern der Gruben und vor allem bei Rettung von Mannschaft, die durch Brandgase betäubt wurde, muß häufig die Zuführung frischer Luft auf das geringste Maß beschränkt werden, da diese den Brand wieder anfachen würde. Man bedient sich in diesen Fällen der **Atmungsapparate**, sie sind heute so weit durchgebildet, daß die laufenden Arbeiten in Brandgasen mit ihnen ausgeführt werden können, dagegen stößt die Bergung von Verunglückten auch jetzt noch auf gewisse Schwierigkeiten, die aber sicher durch fortgesetzte Versuche werden überwunden werden.



288. Karliks Pendelrätter und Kreiselwipper.

Die erste Gruppe von Apparaten ist den Taucherapparaten nachgebildet, sie besteht aus einer den Kopf des Arbeiters umgebenden mit Schaulöchern versehenen Maske, in welche durch einen Schlauch frische Atmungsluft zugeführt wird. Die Dauer der Benutzung dieser Vorrichtungen ist unbeschränkt, dagegen ist die Ausdehnung des Raumes, der mit denselben betreten werden kann, nicht nur von der Länge des Schlauches, sondern auch von der Schwierigkeit, denselben nachzuziehen, bedingt. Durch staffelweises Vorgehen gelingt es, auch ausgedehnte Brandfelder wieder zugänglich zu machen. Die Bemühungen, Atmungsapparate zu schaffen, welche dem Manne völlig freie Bewegung gestatten, sind schon Jahrzehnte alt. Sie beruhen darauf, daß in einem Behälter die zur Atmung nötige Luft — beziehungsweise der Sauerstoff — mitgeführt wird; auch hat man schon vor Jahren den Verbrauch an Luft dadurch beschränkt, daß die ausgeatmete Luft nicht ins Freie gelangte, sondern durch Ätzalkalien von der beigemengten, durch die Atmung gebildeten Kohlensäure befreit und wiederholt zur Atmung benutzt wurde. Die letzten Verbesserungen an diesen Apparaten waren die folgenden: Unterbringung hochgepreßten (bis zu 100 Atmosphären und darüber) Sauerstoffes in gezogenen Stahlflaschen, wodurch das Volumen des Apparates vermindert wird, und Benutzung elektrischer Lampen als Geleucht, die Verbrennungsluft nicht benötigen. Die neueren Apparate gestatten auf die Dauer von zwei Stunden das Verweilen in unatembaren Gasen und werden sicher so weit vervollkommnet werden, daß mit ihnen nach Schlagwetterexplosionen und Gruben-

brand ein gefahrloses und erfolgreiches Eindringen von Rettungsmannschaften in die Grube möglich werden wird.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf die **Aufbereitung** der Steinkohlen. In vielen Revieren, in denen die geförderten Kohlen rein sind, genügt eine Trennung derselben nach der Korngröße, um sie zum Verkaufe zu bringen. Bei den großen Fördermengen, um die es sich handelt, braucht man sehr leistungsfähige Siebapparate und stellt sie so hoch auf, daß die Kohlengrößen direkt verladen werden können. Der **Karliksche Pendelrätter** (auch Kreiselrätter genannt, Abb. 283) gehört zu den am meisten angewendeten Siebeinrichtungen. Bei Siebflächen von 2 qm Größe kann man in zehn Stunden 60 Doppelwagen-Ladungen sieben. Die Stückkohlen werden gewöhnlich durch einen Stangenrost zurückgehalten, dann gelangt die Kleinkohle auf die in schnelle kreisende Bewegung gesetzten Siebe. Die Verladung findet jetzt entweder unmittelbar durch Transportbänder bis in die Eisenbahnwagen statt, oder die gesiebte Kohle gelangt in große Füllrümpfe (Vorratsräume) und wird aus diesen von Zeit zu Zeit in die Eisen-



284. Selbstthätiger Kohlenkipper für Eisenbahnwagen. Erbaut von Friedr. Krupp, Grusonwerk in Buckau.

bahnwagen abgelassen. Dort, wo die Steinkohle durch Berge verunreinigt ist, werden zur Abscheidung derselben, wie z. B. in Westfalen, Saarbrücken, im Königreich Sachsen, **Setzmaschinen** verwendet, die den bei der Erzaufbereitung benutzten und dort beschriebenen ähnlich gebaut sind.

Besondere Aufmerksamkeit wird heute auch der Umladung der Kohlen von den Eisenbahnen auf Frachtschiffe geschenkt, um dieselbe schnell, billig und mit thunlichster Schonung der Kohle zu bewirken. Der **Kohlenkipper für Eisenbahnwagen**, den das Grusonwerk (Friedrich Krupp) für die Hafenverwaltung zu Ruhrort gebaut hat (Abb. 284), kann in zehnstündiger Arbeitszeit, wenn keine Zeitverluste beim Anfahren der Wagen und Kähne eintreten, 120—150 Doppelwagen von je 10—15 t Ladung entleeren; dieselben müssen mit beweglicher Vorderwand gebaut sein. Die Eigentümlichkeit der Einrichtung beruht darauf, daß die überschießende Arbeit, welche von dem niedersinkenden beladenen Wagen geleistet wird, in einem Kraftsammler aufgespeichert und benutzt wird, um den entleerten Wagen wieder aufzurichten, eine besondere Betriebskraft ist also nicht erforderlich. Durch Anheben und Niederlassen der in einem Gelenk beweglichen und an Ketten hängenden Schüttrinne kann die Entleerung der Kohlen nach Bedarf unterbrochen und wieder fortgesetzt werden. Ähnliche Einrichtungen werden jetzt an vielen Umladeplätzen beschafft.

Das Brikettieren der Steinkohlen. Namentlich für diejenigen Gruben, welche schlecht backende Steinkohlen fördern, ist das Brikettieren ein ganz wesentliches Hilfsmittel, um das Kohlenklein zu höheren Preisen zu verwerten.

Zu der aufbereiteten Klarkohle werden etwa 8—10 % Hartpech gegeben, von dem zuweilen einige Prozente durch Harz ersetzt werden. Beide Gemengteile werden im Carrschen Desintegrator, einer Schlagstiftmühle, bis auf etwa 3 mm Korngröße zerkleinert und innig gemischt. Sodann wird das Rohmaterial auf etwa 200° C. erhitzt, so daß das Hartpech erweicht, und zwar entweder in einem mit Rührwerk versehenen kreisrunden Flammofen oder in einem stehenden Mischcylinder (rechts in der Abb. 285), in den zu gleicher Zeit überhitzter Dampf geleitet wird.

Die Hauptteile der zur Zeit in Westfalen, demjenigen deutschen Reviere, in dem die Steinkohlenbrikettierung die größte Verbreitung hat, am häufigsten in Verwendung stehenden Couffinhall-Presse sind ein wagerechter Formtisch mit darunter liegendem Antrieb und zwei von oben und unten wirkende Preßstempel. Der Tisch dreht sich jedesmal um einen Sektor, steht dann still, die Stempel pressen ein Brikett, dann dreht sich der Tisch wieder u. s. w. Hierbei werden die Formen des Tisches, der sich links herum dreht, auf der rechten Seite durch einen an den Mischcylinder anschließenden Füllapparat gefüllt, auf der hinteren Seite findet die Pressung statt, die fertigen Briketts machen dann in den Formen noch eine halbe Drehung des Tisches mit und werden vorn durch einen besonderen Stempel ausgestoßen, sie gelangen dann auf ein Transportband und können unmittelbar verladen werden. Das gewöhnliche Gewicht der Briketts beträgt 3 kg, doch werden in geteilten Formen auch kleinere gefertigt. Die Leistung einer Presse an 3 kg-Briketts beträgt in zehn Stunden etwa 50 t.


285. Steinkohlenbrikettpresse mit doppelter Pressung. System Couffinhall. (Bauart Schüchtermann & Kremer, Dortmund.)

Namentlich für den Haushalt stellt man auch Eierbriketts etwa in der Größe der Nußkohlen her, sie werden zwischen zwei gegeneinander rotierenden Walzen gepreßt, von denen jede an der Umfläche halb eiförmige Vertiefungen trägt, die genau aufeinander passen.

Die Braunkohle.

Die Braunkohle ist nächst der Steinkohle der wichtigste fossile Brennstoff. Durch die flachmuldenförmige Lagerung der Flöze sind gewisse Ähnlichkeiten in der ganzen Anlage der Gruben mit dem Steinkohlenbergbau bedingt, im einzelnen weicht die Bauweise erheblich ab, die Braunkohlenflöze sind oft wesentlich mächtiger als die Steinkohlenflöze — es kommen nicht selten Flöze von 15 und mehr Meter Stärke vor — die Gebirgsschichten bestehen aus Sanden und Thonen, und häufig ist die Bedeckung so wenig mächtig, daß die bergmännische Gewinnung durch Tagebau stattfindet. Wir unterscheiden nach



286. Braunkohlentagebau in Nordböhmen vor der Sprengung. Richard Hartmann-Schächte zu Ladowitz bei Dux.
Nach Photographie von Karl Pietzner, Teplitz.



287. **Braunkohlentagebau in Nordböhmen nach der Sprengung. Richard Hartmann-Schächte zu Ladowitz bei Dux.**
Nach Photographie von Karl Pietzner, Teplitz.

der Struktur hauptsächlich drei verschiedene Arten der Braunkohle, nämlich erdige Braunkohle oder, bei größerem Wassergehalte, Moorkohle, sie ist matt und zerreiblich; die meisten Kohlenvorkommen der preußischen Provinzen Sachsen und Brandenburg und der benachbarten Gebiete gehören hierher. Eine Abart der erdigen Braunkohle ist die lichter gefärbte Schwelkohle (mineralogisch Pyropissit genannt), welche sich durch ihren hohen Gehalt an Bitumen auszeichnet und daher zur fabrikmäßigen Darstellung von Braunkohlenteer und weiter Photogen, Paraffin, Solar- und Paraffinöl benutzt wird, als Rückstand erhält man Grude oder Braunkohlenkoks. In der erdigen Braunkohle findet sich häufig Lignit, d. h. Braunkohle, welche die Holzstruktur noch erkennen läßt; entweder kommen einzelne Stämme vor, oft von sehr bedeutenden Abmessungen, oder es stellen sich wohl ganze Lagen solcher holzigen Braunkohle ein; dieselbe hat zuweilen ihre ursprüngliche Natur noch so weit bewahrt, daß sie mit der Axt zerkleinert werden muß. Am wertvollsten, weil am vielseitigsten verwendbar, ist die Pechkohle, wie sie z. B. in Nordböhmen gewöhnlich vorkommt; sie ist spröde, dabei pechglänzend und bricht eben bis flachmuschelig und zwar in größeren Stücken, so daß sie sich für den Hausbedarf sehr gut eignet. Dieses ist der Grund, weshalb die böhmische Braunkohle in so großen Mengen mittels Eisenbahn und Schiffverfrachtung auf der Elbe nach Deutschland gelangt.

In Europa wird die Braunkohle an sehr vielen Orten gewonnen; die bedeutendste Produktion findet aber im westlichen Nordböhmen und im preußischen Oberbergamtsbezirk Halle statt. Im Jahre 1896 wurden in Nordböhmen von mehr als 27000 Arbeitern, einschließlich Weibern, über 15 Millionen Tonnen Braunkohlen im Werte von über 43 Millionen Mark gewonnen, während im Oberbergamtsbezirk Halle von 26000 Arbeitern gegen 19 Millionen Tonnen Braunkohlen (einschließlich Brikettierung) im Werte von 42 Millionen Mark gefördert wurden. Außerdem förderten die Gruben im Regierungsbezirk Köln etwas über 2 Millionen Tonnen, das Königreich Sachsen rund 1 Million Tonnen, die Werke in Oberbayern etwa ½ Million Tonnen. In Österreich produziert nächst Böhmen Steiermark die größte Menge Braunkohle, nämlich 2,5 Millionen Tonnen.

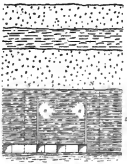
Betrachten wir zunächst eingehender den nordböhmischen Braunkohlenbergbau. Von Eger im Westen bis fast nach Außig a. d. Elbe im Osten reihen sich die Braunkohlenschächte einer an den anderen, nur nordöstlich von Karlsbad ist durch massenhaftes Auftreten von Basalten und Phonolithen die Braunkohlenablagerung unterbrochen. Die größte Zahl der Werksanlagen findet sich zwischen Teplitz und Brüx vereinigt; es hat denn auch die ganze Gegend das Gepräge reger industrieller Thätigkeit. Vom Südabhange des Erzgebirges, etwa von der Rosenburg bei Graupen, von Eichwald oder von Ossegg aus, auch von einzelnen Punkten des Kammes, z. B. von dem bekannten Mückentürmchen, bietet sich ein prächtiger Überblick über das Land. In der Ebene zwischen Erzgebirge und böhmischem Mittelgebirge, welches mit seinen Kegelbergen, unter denen die beiden Milleschauer die höchsten sind, den Abschluß bildet, bezeichnen in der Nähe der Städte und Ortschaften zahlreiche Essen, Fördertürme und leider auch qualmende Halden von Kohlenklein (dort Lösche genannt) die bergmännischen Anlagen. Viele Zweigbahnen durchziehen das Land und führen die Braunkohle den Hauptverkehrslinien zu. Wegen des bequemen Bezuges des Brennmaterials haben sich, wie in sämtlichen anderen Revieren, auch hier zahlreiche andere Großindustrien niedergelassen, so Zuckerfabriken, Glashütten, Eisenwerke und Porzellanfabriken, deren rauchende Schlote sich überall erheben.

Es wird hier nur ein Flöz abgebaut, aber dasselbe ist mächtig entwickelt, selten weniger als 10, oft bis zu 30 m stark. Es wird sowohl Tiefbau, d. h. unterirdischer Abbau, als auch dort, wo das Deckgebirge wenig mächtig ist, Tagebau betrieben. Unsere beiden Bilder zeigen uns vortrefflich die Einzelheiten eines solchen. Abb. 286 stellt den Kohlenstoß fertig zum Sprengen dar, die Mannschaft ist bereit und wartet auf das Zeichen, um die Sprengschüsse zu zünden, Abb. 287 gibt denselben Teil des Tagebaues nach erfolgter Sprengung wieder. Das Deckgebirge ist genügend weit abgeräumt und zum Wiederausfüllen der durch den Abbau entstandenen großen Vertiefungen verwendet worden. An dem freien Kohlenstoße wird ein Streifen, vielleicht von 30 m Länge und

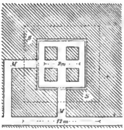
10 m Breite unterhöhlt, indem sich kreuzende Strecken von etwa 2 m Höhe und 2,5 m Breite an der Sohle aufgefahren werden. Die dazwischen belassenen Pfeiler werden dann durch Wegnehmen von Kohle immer schwächer gemacht, bis ihr Gefüge unter der Last der darauf ruhenden Massen sich zu lockern beginnt. An der Rückseite wird die Loslösung der Kohle gewöhnlich durch natürliche Zerklüftung erleichtert, an der einen Seite wird ein künstlicher Einschnitt, Schlitz genannt, hergestellt. Zuletzt bohrt man in jeden der Pfeiler mehrere Sprenglöcher, schießt sie gleichzeitig weg, und die gewaltige Kohlenmasse stürzt, ihrer Unterstützung beraubt, nieder und wird dabei in handliche Stücke zerkleinert. Bei den von uns gewählten Abmessungen und 20 m Flözmächtigkeit würde man mit diesen Kohlenmassen etwa 600 Doppelwagen füllen können.

Die Kohle wird zunächst in Hunden, einem am Rande des Tagebaues angelegten und mittels Strecken damit verbundenen Schachte, zugeführt, dann bis zur Oberfläche gehoben und durch große Siebapparate nach der Korngröße getrennt. Die Verladung erfolgt sofort in die Eisenbahnwagen.

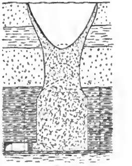
Doch nicht überall kann Tagebau betrieben werden, denn da, wo das Deckgebirge zu mächtig wird, würde dessen Forträumung zu große Kosten veranlassen, die durch den



288. Schnitt.



289. Grundriß



290. Schnitt.

288—290. Braunkohlenabbau in Nordböhmen.
288 u. 289. Vorbereiteter, 290. Zu Bruche gegangener Abbau.

Vorteil des reinen Abbaues der Kohle nicht aufgewogen werden; man ist deshalb vielfach genötigt, Grubenbetrieb zu führen. Auch dieser ist eigenartig wegen der großen Mächtigkeit des Flözes. Die Abb. 288—290 sollen die allmähliche Entwickelung eines solchen Abbaues zeigen. Jeder Abbau, auch Kammer, Plan oder Bruch genannt, erhält quadratische Form, das Maß der Seitenlänge hängt von der Flözmächtigkeit und der Festigkeit der Kohle ab; in unserem Falle sind bei 15 m Flözmächtigkeit und fester Kohle 12 m Seitenlänge angenommen worden. Rings um den Abbau bleiben 3 m starke Sicherheitspfeiler stehen (S in den Abb.), die während des Abbaues das Dach stützen. Man fährt nun zunächst Zugangsstrecken M und von diesen aus, der äußeren quadratischen Umgrenzung des anzulegenden Abbaues folgend, Abbaustrecken auf. Die darüber befindliche Kohle ruht nun noch auf einem Pfeiler von 8 m im Quadrat. Übrigens fährt man die Strecken nicht unmittelbar am Liegenden auf, um die Kohle durch Berührung mit dem Thone nicht unansehnlich zu machen, sondern man beläßt etwa $\frac{1}{2}$ m Kohle an der Sohle. Von den äußeren Stößen der Strecken werden nun Schlitze s, wenig weiter als die Schulterbreite eines Mannes beträgt, aufwärts hergestellt, bis man ringsherum in gleicher Höhe eine gut ablösende Lage trifft, am Dach läßt man erfahrungsgemäß noch etwa 2 m Kohle zur Sicherung stehen. Darauf schwächt man den Pfeiler, auf dem die obere Kohle ruht, indem man ihn mittels weiterer Strecken durchfährt; es bleiben nun noch vier kleinere Pfeiler von je etwa 3 m im Quadrat (vgl. Abb. 288 u. 289), dieselben werden noch schwächer gemacht, bis sich Druck zeigt, und dann wie die

Pfeiler im Tagebau weggeschossen. Es bricht dann der nur noch mit der Decke zusammenhängende, sonst allseitig freie Kohlenklotz herein, und es beginnt das Wegfüllen in Hunde und Abfördern zum Schachte. Die Abb. 291 zeigt uns nach einer auf den Richard Hartmann-Schächten zu Ladowitz bei Dux mit Magnesiumlicht aufgenommenen Photographie einen solchen Abbauplan, aus dem schon der größte Teil der niedergebrochenen Kohle gefördert ist, in der hinteren Ecke steht noch ein starker Pfeiler Kohle, der im Ganzen niedergegangen ist und erst allmählich zerbröckelt. Die lange Stange, welche der eine Mann trägt, dient zur Untersuchung der Decke und zum Herabstoßen etwa hängen gebliebener Kohlenstücke. Ist ein solcher Abbau vollends leer gemacht (aus-



291. Abbauplan in Förderung auf den Richard Hartmann-Schächten zu Ladowitz bei Dux.
Nach photographischer Aufnahme von Karl Pietzner, Teplitz.

gefördert, wie der Bergmann sagt), so werden die Zugänge vermauert, und die Kammer geht dann allmählich zu Bruch (vgl. Abb. 290), d. h. es brechen zunächst die stehengelassenen Kohlenschichten nieder und dann das Deckgebirge, die Kammer füllt sich mit den nachbrechenden Massen, und wenn der Abbau nicht tief unter Tage gelegen war, bricht das Deckgebirge bis zur Oberfläche nach, es bildet sich hier eine Binge. Wie der Abbau in der Grube fortschreitet, vermehrt sich auch die Zahl der Bingen, und es entsteht ein Bruchfeld. Nachdem die Massen sich gesetzt haben, werden die Bingen eingeebnet, und das Land kann wieder bewirtschaftet werden. Diese Abbauweise ist zuweilen abfällig beurteilt worden, weil bei derselben ein erheblicher Teil der Braunkohle unabgebaut bleibt und ungenützt verloren geht; dem muß entgegengehalten werden, daß ein reiner Abbau zwar technisch ausführbar wäre, daß jedoch der niedrige Preis der Braunkohle an den Schächten wenigstens in vielen Fällen die erhöhten Kosten eines umständlicheren Abbauverfahrens nicht tragen würde. Hieraus folgt, daß etwa in der beschriebenen Weise abgebaut werden muß, wenn der Bergbaubetrieb einen entsprechenden Ertrag geben soll — und das ist doch der Endzweck jeder industriellen Thätigkeit. Dazu kommt, daß

auch der nordböhmische Braunkohlenbergbau zuweilen mit ungewöhnlichen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, deren Beseitigung sehr bedeutende Opfer erheischt. Namentlich in den tieferen Gruben treten vielfach Schlagwetter auf, deren Bekämpfung eine kräftige Ventilation und alle jene zahlreichen Vorkehrungen erfordert, welche beim Steinkohlenbergbau ausführlicher besprochen worden sind. Aber auch Gefahren rein örtlicher Natur sind mehrfach erwachsen. Zum erstenmal im Februar des Jahres 1879 brachen in den Döllingerschacht zwischen Ossegg und Dux die Thermalwasser der etwa 7 km entfernten Teplitzer Quellen ein, und ähnliche Vorkommnisse haben sich im November 1887 und im Mai 1892 auf der Viktorinzeche wiederholt. Jedesmal wurde nicht nur die zunächst betroffene Grube, sondern außerdem auch die Nachbargruben unter Wasser gesetzt und der Betrieb auf Jahre hinaus unterbrochen; ja im Jahre 1879 stiegen die Wasser im Döllingerschacht so ungemein schnell, daß sie in etwa zehn Minuten die tieferen Baue vollständig erfüllten und 23 Arbeiter in den Fluten den Tod fanden.

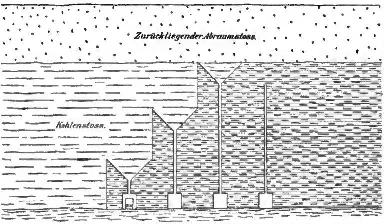


292. Die Bergdirektion der Brüxer Kohlenbergbaugesellschaft nach dem Einsturz am 20. Juli 1895.
Nach photographischer Aufnahme von Karl Pietzner, Teplitz.

Nach 40 Minuten bereits begann das Wasser auch in die Nachbargruben einzudringen. Der vermutete ursächliche Zusammenhang zwischen der Überflutung der Gruben und den Teplitzer Thermalwassern wurde dadurch völlig klar, daß die Teplitzer Quellen wenige Tage nach dem Grubenunglück zu fließen aufhörten, nachdem sie seit ihrer Entdeckung im Jahre 762 n. Chr. ununterbrochen der Quellenspalte entströmten und nur zur Zeit des Lissaboner Erdbebens etwa fünf Minuten lang versiegt waren. Den großartigen Hilfsmitteln der Technik im Zusammenwirken mit der geologischen Wissenschaft ist es gelungen, den widerstreitenden Interessen der Teplitzer Quellenbesitzer und des Bergbaues gerecht zu werden; die Quellenfassungen in Teplitz wurden durch Abteufen eines Schachtes auf der Quellenspalte tiefer gelegt, und dem Bergbau gelang es jedesmal, die Wassereinbruchstelle zu schließen. Ein anderes Ereignis, das noch in frischer Erinnerung ist, brachte am 19. und 20. Juli 1895 der Stadt Brüx und dem dortigen Braunkohlenbergbau schweren Schaden. Bei dem Betriebe eines neuen Schachtes unmittelbar nördlich von der Stadt war die erste Abbaukammer in gewohnter Weise abgebaut worden und das Deckgebirge ging zu Bruche, dabei entleerte sich jedoch ein bis dahin unbekanntes

Schwimmsandlager (feiner Sand mit viel Wasser) in die Grube und erfüllte deren sämtliche Räume, so daß der Betrieb eingestellt werden mußte; zugleich aber stürzten in der Bahnhofvorstadt von Brüx eine größere Anzahl Häuser ein, andere wurden durch Rutschung des Bodens stark beschädigt, außerdem bildeten sich an vielen Stellen in den Straßen klaffende Risse und offene Erdtrichter. Unser Bild (Abb. 292) zeigt einen Teil der Verwüstungen. So schnell trat das Unglück ein, daß aus den zusammenbrechenden Häusern kaum etwas gerettet werden konnte. Der Bergbau, welcher schon durch die Betriebsstörung sehr erheblichen Schaden erlitt, mußte außerdem bedeutende Summen aufwenden, um die Einbuße an Eigentum zu ersetzen. So kämpft auch der nordböhmische Braunkohlenbergbau mit schwierigen Verhältnissen.

In mancher Beziehung abweichend ist der Betrieb der Braunkohlenwerke im preußischen Oberbergamtsbezirk Halle, da hier meistens erdige Braunkohle gefunden wird. Beim Grubenbetrieb wird ähnlich verfahren wie in Nordböhmen, doch sind die Flöze in der Regel schwächer, und die Abbaukammern werden, weil die Kohle weicher ist, erheblich kleiner genommen, etwa 4—6 m im Quadrat. Beim Tagebaubetrieb wird eine eigen-



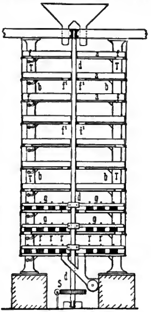
293. Schurrbau.

tümliche Abbauweise, der Schurrbau angewendet (stroßweiser Abbau nach der bergmännischen Ausdrucksweise); es erfolgt hierbei das Laden der Kohle in die Hunde zum größten Teile selbsttätig. Nach Abb. 293 werden in den Abbaustoß in Abständen von etwa 10 m Strecken getrieben und mit Holz ausgebaut, dann bohrt man von jeder Strecke aus ein etwa 30 cm weites Loch senkrecht aufwärts, bis man die Oberfläche der abgeräumten Kohle erreicht. Darauf beginnt mittels der Keilhaue das Lösen der erdigen Kohle, die in kleine Stücke zerfällt. Die Oberfläche wird hierbei derart trichterförmig vertieft, daß die Kohle dem Bohrloche zurollt und durch dieses in den darunter gestellten Hund fällt, der rechtzeitig durch einen anderen leeren ersetzt wird. Die Ausdehnung der Betriebe in der Provinz Sachsen ist sehr bedeutend; es gibt z. B. bei Bitterfeld Tagebaue, in denen die Länge des Abbaustoßes mehrere 100 m beträgt.

Infolge der weichen Beschaffenheit der Braunkohle ergibt dieselbe nur wenig Stück- und Knörpelkohle (Stücke etwa von Eigröße), die Hauptmasse der geförderten Kohle ist erdig und hat bis zu 50 % Wassergehalt. Letztere ist zwar für den Fabrikbetrieb zur Dampfkesselfeuerung auf Treppenrosten recht gut brauchbar, eignet sich aber nicht für die Verwendung im Haushalte. Da jedoch auf den Absatz nach den großen Städten, namentlich Berlin, Halle, Magdeburg u. s. w. gerechnet werden muß, so wird ein großer Teil der geförderten Braunkohle auf den Gruben selbst zu Briketts verarbeitet; die

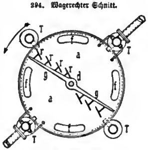
Darstellung von **Naßpreßsteinen** geht immer mehr zurück. Es geht dies schon daraus hervor, daß im Jahre 1894 neben nur 83 Naßpressen 251 Brikettpressen in Betrieb waren und daß die Zahl der letzteren durch Neuanlagen sich noch ständig vermehrt.

Der Betrieb der Naßpressen ist der Herstellung der Rohziegel in mancher Hinsicht nachgebildet. Die grubenfeuchte Braunkohle wird durch Walzwerke, wie sie bei der Erzaufbereitung näher beschrieben sind, vollends zerkleinert, gelangt dann in einen Mischtrog, in dem sich ein Rührwerk befindet, und wird hier mit dem nötigen Wasser zu einem gleichmäßigen Brei durchgearbeitet. Aus diesem formt die eigentliche Presse einen gleichmäßigen Strang von rechteckigem Querschnitt, an dessen stetig vorrückendem vorderen Ende durch ein Schneidewerk jedesmal eine Anzahl Steine abgetrennt werden. Sie sind ziemlich feucht und weich und werden wie die Rohziegel an der Luft getrocknet, die Abmessungen betragen etwa 21 × 10,5 × 6 cm; mittels einer Presse können in der Stunde etwa 8000 Stück Naßpreßsteine hergestellt werden. Da die Lufttrocknung nur in der wärmeren Jahreszeit möglich ist, wird der Betrieb im Winter unterbrochen. Die Naßpreßsteine werden auf den Werken etwa zu 4 ½ Mark das Tausend verkauft, sie vertragen jedoch weiteren Transport nicht gut und sind wegen der Bildung von Staub und Abfall weniger sauber als Briketts, die überdies größere Brennkraft besitzen.



294. Wagerechter Schnitt.

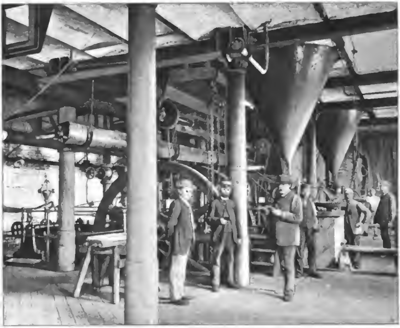
Zur **Brikettierung** gelangt zur Zeit reichlich ein Drittel der gesamten Förderkohle. Hierbei werden nacheinander die folgenden Arbeiten vorgenommen, die Zerkleinerung der Rohkohle auf etwa 2 mm Korngröße, die Trocknung der Kohle in besonderen Öfen und das eigentliche Pressen. Die Zerkleinerung der Kohle und das Absieben, auch **Naßdienst** genannt, findet überall in derselben Weise durch Walzwerke und Plan- oder Trommelsiebe statt, auch der Pressenbetrieb ist überall der gleiche, da nur die **Exter**sche **Presse** verwendet wird, dagegen sind zum Trocknen (Darren) der Kohle verschiedene Ofensysteme in Betrieb, denselben ist gemeinsam, daß die heizenden Flächen durch Dampf erwärmt werden und zur weiteren Trocknung Luft über die bewegte Kohle geleitet wird. Am verbreitetsten dürften die **Dampftelleröfen** sein. Ihre Einrichtung ist aus den Abb. 294 und 295 zu ersehen: Auf 4 Säulen T ruhen mittels angeschraubter Stützen b eine größere Anzahl (bis 25) hohler schmiedeeiserner Scheiben a, Teller genannt, die Säulen sind mit den nötigen Einrichtungen versehen, um in den Hohlraum der Teller den zur Heizung nötigen Dampf einzuführen und das kondensierte Wasser abzuleiten. Ferner ist ein Rührapparat vorhanden: an der stehenden Welle d, welche durch Schnecke und Schneckenrad S in langsame Umdrehung versetzt wird, befinden sich über jedem Dampfteller Arme g (in der Abb. 295 sind nur die drei untersten gezeichnet), und an diesen sind die eigentlichen Rührschaufeln r befestigt. Bei der Umdrehung der Welle arbeiten die Rührer derart, daß sie abwechselnd auf dem einen Teller die Kohle allmählich nach außen schieben — wie im Grundrisse angedeutet — hier fällt dieselbe durch Fallöffnungen f



295. Senkrechter Schnitt.
294 u. 295. Dampftelleröfen.

auf den nächst tieferen Teller und wird auf diesem von den Rührern nach innen zu den entsprechenden Fallöffnungen f[1] geführt. Dieser Vorgang setzt sich fort, bis die Kohle, welche oben feucht eingetragen wurde, die sämtlichen Teller durchlaufen hat und getrocknet den Vorratsräumen oder bei neueren Anlagen auch den Pressen unmittelbar zugeführt wird. Der Trockenofen ist mit einem Mantel aus Eisenblechringen versehen, von diesen werden immer einzelne Segmente geöffnet gehalten, so daß Luft über die Teller streicht und die Feuchtigkeit, außerdem auch den feinsten Staub, durch eine seitlich angebaute Abzugsesse ins Freie führt.

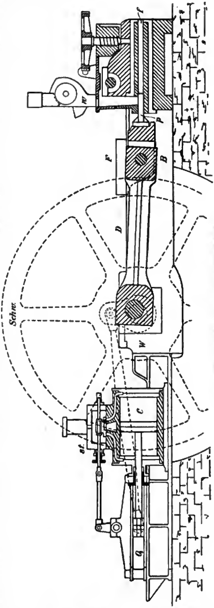
Einen Blick in den Pressenraum der Grube Treue bei Helmstedt zeigt unsere Abb. 296, die besondere Einrichtung der Presse wird durch die Skizze Abb. 297 noch näher erläutert.



296. Herstellung der Braunkohlenbriketts. Pressenraum der Grube Treue bei Helmstedt. Nach Photographie von Karl Steinert, Helmstedt.

Die Kolbenstange eines mit der üblichen Schiebersteuerung st versehenen Dampfcylinders C bewegt zunächst ein Gleitstück Q in Führungen, von diesem aus werden zwei schwere Schwungräder Schw bewegt, deren Welle W eine Kröpfung besitzt und dadurch bei ihrer Drehung mittels des sogenannten Bärs D und des in der Führung F wagerecht hin- und hergehenden Bolzens B den eigentlichen Preßstempel p in der Form f vor- und zurückbewegt. Die letztere ist sehr stark gebaut, um dem kräftigen Drucke Widerstand zu leisten, und mit stählernen Futtern ausgekleidet; in ihrem vorderen Teile steckt beim regelmäßigen Betriebe stets eine Reihe von Briketts. Geht nun der Preßstempel p zurück, so fällt aus der Füllvorrichtung w von oben her die für die Herstellung eines weiteren Briketts nötige Menge getrocknete Kohle, beim Vorgange schiebt der Preßstempel diese gegen das letzte in der Form befindliche Brikett, und durch den sehr bedeutenden Druck wird das Kohlenpulver mittels der darin enthaltenen harzigen Bestandteile, welche sich durch die entwickelte Wärme erweichen, zum festen Brikett gepreßt. Gleichzeitig wird die ganze

in der Form befindliche Brikettreihe um die Stärke eines Briketts vorgeschoben, der Widerstand, den hierbei die Reibung an den Stahlfuttern erzeugt, muß vom Stempel mit überwunden werden und trägt zur Verfestigung der Briketts erheblich bei. Die Futter der Formen sind starkem Verschleiß unterworfen, die einzelnen Teile müssen daher von Zeit zu Zeit ausgewechselt und durch Nachschleifen auf besonderen Maschinen (s. Abb. 298) mit Hilfe von Schmirgelscheiben wieder hergerichtet werden. Für die Herstellung eines Briketts ist nur etwa 1 Sekunde erforderlich, also erheblich weniger als die zur, wenn auch nur kurzen Beschreibung des Vorganges nötige Zeit. Bei ununterbrochener Arbeit vermag eine Presse in 20 Stunden 75—90 000 Briketts im Gewicht von 25—30 000 kg herzustellen, zu deren Beförderung auf der Eisenbahn drei Doppelwagen erforderlich sind. Die übliche Brikettgröße hat die Abmessungen 160 × 70 mm bei 30 mm Dicke, dabei sind die Ecken mehr oder weniger abgerundet, auch die Enden etwas zusammengezogen. Übrigens erwächst den Brikettfabriken dadurch eine große Gefahr, daß auch der feine Braunkohlenstaub in hohem Maße explosibel ist. Es müssen hiergegen Maßregeln ergriffen werden, zu denen ständige Erneuerung der Luft durch Ventilation und der Gebrauch der Sicherheitslampen statt der offenen Lampen gehören; trotzdem sind manche verheerenden Explosionen vorgekommen.



297. Die Exter'sche Braunkohlen-Brikett-Presse.

Die jüngste Bildung fossiler Brennstoffe ist der **Torf**; wir sind in der Lage, die Vorgänge bei seiner Entstehung, wie bereits in der Einleitung zu diesem Abschnitte ausführlicher nachgewiesen, zu verfolgen. Dort, wo durch die Oberflächenbeschaffenheit Veranlassung zur Ansammlung von viel Feuchtigkeit gegeben ist und die Witterungsverhältnisse den Pflanzenwuchs fördern, siedeln sich die sogenannten Torfpflanzen an, in Europa vorwiegend die **Sphagnumarten**, welche die Eigentümlichkeit besitzen, daß die Spitzen der Triebe weiter wachsen, während die unteren Teile allmählich absterben. Aus den abgestorbenen Torfpflanzen, die wiederum von den Wurzeln anderer Gewächse durchdrungen werden, bildet sich unter Luftabschluß und Wasserbedeckung der Torf, dessen im

frischen Zustande lichtbraune Farbe mit der Zeit in Pechbraun übergeht, während die Einzelheiten der Pflanzenstruktur sich mehr und mehr verwischen. Nach sorgfältigen Beobachtungen wächst bei günstigen Umständen die Torfschicht in jedem Jahre um 5—10 cm, es sind Torfmoore bis zu 12 m Mächtigkeit bekannt. Dabei ist die Ausdehnung der Torflager sehr bedeutend, in Deutschland ist namentlich der Nordwesten reich daran, von der Insel Island ist $^1/_7$ der Oberfläche von Torfmooren bedeckt. Die Benutzung als Brennstoff ist sehr alt, dürfte aber nur in wenigen Gegenden über den örtlichen Bedarf hinausgehen, denn die Brennkraft des Torfes im Vergleich zu der der Kohlen ist zu gering, zumal die Selbstkosten für den Wettbewerb des Torfes zu hoch sind. Dies ist auch der Grund, weshalb die Herstellung von Preßtorf und von Torfkoks nur ganz vereinzelte Erfolge dort zu verzeichnen hat, wo Kohle durch weiten Transport teuer wird. Dagegen bürgert sich die Benutzung von Torfstreu für Stallungen in der Landwirtschaft mehr und mehr ein dank dem großen Auffaugevermögen des Torfes, welches durch seine poröse Beschaffenheit bedingt ist. Auch als Dünger wird Torf vielfach verwendet.



298. Schleifraum zum Herrichten der Futter für die Formen der Braunkohlenbrikettpresse.

Die Gewinnung, das Torfstechen, ist eine sehr einfache Arbeit, die zum Teil mit eigenartigen Spaten ausgeführt wird. Die Torfziegel werden zum Trocknen der Luft ausgesetzt und geben den oft bedeutenden Feuchtigkeitsgehalt (selbst 80% des Gewichtes) bis auf einen Rest von 10—20% ab. Stößt man beim Torfstechen auf Wasser, so sucht man dasselbe durch Gräben abzuleiten, im Winter wird das Wasser jedoch wieder angestaut, um die Weiterbildung des Torfes nicht zu beeinträchtigen und ihn gegen die Einwirkungen des Frostes zu schützen. Die Trockensubstanz des besten Torfes enthält etwa 58% Kohlenstoff, $6^1/_2$% Wasserstoff, $31^1/_2$% Sauerstoff, 1% Stickstoff und 3% Asche. Der Gehalt an letzterer kann jedoch durch mechanische Verunreinigung bis zu 30% anwachsen, wodurch die Güte des Torfes bedeutend leidet.

Erdgas, Naphtha, Ozokerit, Asphalt.

Außer den Kohlen treten in der Natur Kohlenwasserstoffe noch in mannigfacher Form auf, als Erdgas, ferner flüssig als Naphtha oder Erdöl, knetbar als Ozokerit oder Erdwachs und fest als Asphalt oder Erdpech. Außerdem sind alle Übergänge zwischen den drei Mineralien vertreten. Diese Stoffe haben in den letzten Jahrzehnten für die Industrie außerordentliche Bedeutung erlangt. Während die Kohlen aller Wahr-

scheinlichkeit nach durch Umwandelung pflanzlicher Stoffe gebildet wurden, nimmt die moderne Chemie an, daß Naphtha, Ozokerit und Asphalt aus tierischen Resten, namentlich aus den Fetteilen von Seetieren entstanden seien, denn es ist gelungen, einen Teil der im Erdöl enthaltenen Kohlenwasserstoffverbindungen aus derartigen Fetten künstlich herzustellen. Das Vorkommen dieser Stoffe läßt darauf schließen, daß sich zunächst Erdöl gebildet habe und dann durch Oxydation und teilweise Verflüchtigung der leichteren Kohlenwasserstoffe hieraus Erdwachs und Erdpech entstanden seien. Diese Bildungsweise wird z. B. für das Erdwachsvorkommen von Boryslaw in Galizien und für die gangförmig auftretenden Asphalte als zutreffend angenommen. Übrigens scheint die Verbreitung dieser Stoffe beschränkter zu sein, als diejenige der Kohlen, doch finden sich an einzelnen Orten sehr bedeutende Ablagerungen.

Erdgas. Eine den Vereinigten Staaten von Nordamerika eigentümliche, seit etwa 25 Jahren bestehende Industrie ist die Benutzung der natürlichen Erdgase zu allen Arten von Feuerungen. Ihr Auftreten scheint mit demjenigen des Erdöles in gewissem Zusammenhange zu stehen. Auch in Baku am Kaspischen Meere, welches durch seine Erdölvorkommen bekannt ist, wird Erdgas, allerdings nur in kleinem Maßstabe technisch verwertet. Namentlich in den Staaten Pennsylvanien, Ohio, Indiana und Utah tritt das Gas in bestimmten geologischen Horizonten auf. Die betreffenden Schichten werden durch Tiefbohrungen erschlossen und die Gase, welche zum größten Teile aus Kohlenwasserstoffen bestehen, in zum Teil viele Meilen langen Leitungen zu den Verbrauchsorten geführt. Namentlich in Pittsburg findet die Dampferzeugung für Fabriken aller Art durch die natürlichen Erdgase statt. Die Bohrlöcher pflegen in der Regel während zweier Jahre Gas zu liefern und versiegen dann allmählich, in seltenen Fällen bleiben sie bis zu zehn Jahren produktiv. Welche Bedeutung diese Industrie für die betreffenden Staaten hat, geht am besten daraus hervor, daß der Heizwert der Gase dreimal so groß ist, als derjenige des gleichen Gewichtes guter Steinkohle, und daß ihr Verkaufswert, welcher im Jahre 1880 mit 22,5 Millionen Dollar seinen höchsten Wert erreichte, im Jahre 1895 noch 13 Millionen Dollar betrug.

Das Auftreten der Naphtha — des Erdöles — ist nach unseren derzeitigen Erfahrungen an keinen bestimmten geologischen Horizont gebunden, es findet sich vielmehr mit Ausnahme der ältesten in allen Formationen. So entstammt das kanadische Petroleum dem Silur, die Bohrlöcher Pennsylvaniens durchdringen die devonischen und carbonischen Schichten, das Erdöl Colorados, Galiziens und der Umgegend von Hannover entstammt der Kreideformation, das kaukasische Erdöl gehört dem Tertiär an. Gewöhnlich äußert sich das Vorkommen des Petroleums dadurch, daß es am Ausstreichen der Schichten als Quelle zu Tage tritt, oft zeigen sich gleichzeitig brennbare Gase, oder diese allein entweichen, wie in der Gegend von Baku, aus Spalten und Klüften des Gesteins.

Die Naphthaindustrie ist verhältnismäßig jung, hat sich jedoch außerordentlich rasch entwickelt und dürfte noch eine bedeutende Zukunft haben. Der große Wert der Naphtha und der daraus herstellbaren Destillate wurde erkannt, nachdem bei Titusville in Pennsylvanien im Jahre 1860 durch ein Bohrloch die erste stärker fließende Quelle erschlossen war; noch im gleichen Jahre gewann man 60 000 t Naphtha. Die Produktion der Vereinigten Staaten überschritt zum erstenmal im Jahre 1873 den Betrag von 1 Million Tonnen, die kaukasische Erzeugung erreichte diesen Betrag erst im Jahre 1889. Zur Zeit werden in den Vereinigten Staaten jährlich mehr als 6 Millionen Tonnen, im Kaukasus 5 Millionen Tonnen gewonnen; die Produktion aller anderen Gebiete tritt hiergegen wesentlich zurück. Die Ölquellen Kanadas liegen in den nordöstlichen Ausläufern der Alleghanies, die Produktion begann 1862, hat jedoch den Betrag von 100 000 t jährlich nicht wesentlich überschritten. In Europa findet sich Erdöl am Nord- und Ostabhange der Karpathen, in Galizien und auch in Rumänien, Österreich produziert jährlich etwa 130 000 t, die geringe Erzeugung Rumäniens wird lediglich im Inlande verbraucht. Untergeordnet sind die deutschen Vorkommen von Ölheim bei Hannover und von Pechelborn und Lobsann im Elsaß, sowie die italienischen in der

Provinz Parma. Deutschland muß zur Zeit fast seinen gesamten Bedarf an Petroleum in Höhe von etwa 800 000 t jährlich vom Auslande beziehen.

Auch im östlichen Asien regt sich die Petroleumindustrie in einer Weise, daß die Ausfuhr der Vereinigten Staaten von Nordamerika aus den Häfen des Stillen Ozeans in merklicher Abnahme begriffen ist, und zwar kommt namentlich Birma in Hinterindien und Japan in Betracht. Neuerdings scheint auch das nordwestliche Departement Perus, Piura, die Aufmerksamkeit der Erdölproduzenten auf sich zu lenken, doch wird auch hier, wie in so vielen anderen Fällen der Erfolg abzuwarten sein. Leider gehört das Erdöl mit zu jenen mineralischen Rohprodukten, die häufig zu wilden Spekulationen, zuweilen mit nur eingebildeten Werten, Veranlassung gegeben haben. In diesem Sinne spricht man nicht mit Unrecht, wie von einem Goldfieber, auch von dem Ölfieber, und der Ölring, das Syndikat der nordamerikanischen und kaukasischen Produzenten, hat bereits seine Geschichte.

Die erste und einfachste Gewinnung der Naphtha bestand darin, daß am Ausgehenden der ölführenden Schichten kleine Schächte geteuft und die in denselben zusammenlaufende Flüssigkeit ausgeschöpft wurde, in dieser Weise wird heute noch Petroleum in geringen Mengen gewonnen, z. B. auf der Insel Tschelekin an der östlichen turkestanischen Küste des Kaspischen Meeres. In allen wichtigeren Produktionsgebieten findet die Gewinnung zur Zeit durch Tiefbohrlöcher statt. Die Unternehmer lockt vor allem der reiche Ertrag einzelner Springquellen, auch Fontänen genannt. Diese schleudern zuweilen unter der Einwirkung des hydrostatischen Druckes, wohl auch der reichlich vorhandenen Gase in kurzer Zeit gewaltige Mengen von Naphtha bis 50 und mehr Meter hoch empor. Sie sind im allgemeinen in den Vereinigten Staaten seltener als am Kaukasus. Einige der bekannteren Beispiele seien hier angeführt: In den Vereinigten Staaten lieferte eine der ergiebigsten Springquellen nördlich von Pittsburg im Oktober 1886 anfangs täglich 9—10 000 Faß (das sind 1000—1200 t), innerhalb zweier Monate sank die tägliche Produktion auf 500 Faß, das sind 60 t. Eine der stärksten und namentlich andauerndsten Springquellen des Bezirkes von Baku dürfte diejenige des Subalow bei dem Orte Bibi-Eibat 5 Werst südlich von Baku gewesen sein, sie wurde im Oktober 1892 erbohrt und lieferte bis zum Schluß des Jahres noch 3 100 000 Pud (49 600 t), im Jahre 1893 ergab sie 18 740 000 Pud (299 840 t), im Jahre 1894 6 500 000 Pud (oder 104 000 t) und auch im Jahre 1895 war sie noch im Betriebe, bis Schluß 1894 hatte sie im ganzen: 28 340 000 Pud oder 453 440 t Rohöl geliefert, dessen Wert nach heutigen Preisen auf etwa 3 Millionen Mark anzuschlagen sein dürfte.

Das schließliche Schicksal jeder Springquelle ist, daß sie mit der Zeit versiegt; man versucht dann durch erneutes Ausbohren des Bohrloches den Ertrag wieder zu steigern und greift, wenn die Naphtha nicht mehr von selbst ausfließt, in Nordamerika gewöhnlich zum Pumpbetriebe, während man am Kaukasus die Naphtha mit hohen cylindrischen, unten mit Ventil versehenen Gefäßen, die am Seile eingelassen und aufgeholt werden, schöpft. Übrigens sind bei weitem nicht alle Bohrungen, welche die naphthaführenden Schichten erreichen, erfolgreich, ohne daß hierüber bisher irgend eine Regel hätte aufgestellt werden können. Seit 1866 wendet man in den Vereinigten Staaten zuweilen bei solchen Bohrlöchern, die bis in die petroleumführenden Schichten niedergebracht werden, ohne Petroleum zu geben, große Sprengungen mit Nitroglycerin, das sogenannte Torpedieren an. Eine entsprechend starke Sprengölladung wird auf den Boden des Bohrloches hinabgelassen und elektrisch gezündet. Das in dem Bohrloche befindliche Wasser wird hierdurch herausgeschleudert und der Druck auf die ölführende Schicht für kurze Zeit vermindert, außerdem werden durch die Explosion Risse in dem umgebenden Gestein geöffnet. Auf diese Weise ist es häufig gelungen, in einem scheinbar ergebnislosen Bohrloche starken Naphthazufluß zu erhalten. Trotz der erheblichen Menge von Rohnaphtha, die von einzelnen Springquellen geliefert wird, ergibt doch der Pump-, beziehungsweise der Schöpfbetrieb noch bei weitem größere Mengen, und die Stetigkeit der Produktion beruht unzweifelhaft auf letzterem.

Wenngleich die Zusammensetzung der Rohnaphtha an den einzelnen Gewinnungsorten wesentliche Unterschiede zeigt und auch der Betrieb in Einzelheiten abweicht, ist die



299. Bohrtürme bei Baku.

Naphthaindustrie doch im großen und ganzen überall die gleiche, es genügt daher die eingehendere Beschreibung eines Vorkommens.

Den Kaukasus und das daselbst zur Gewinnung und Verarbeitung der Naphtha angewendete Verfahren lernte ich gelegentlich des VII. Internationalen Geologen-Kongresses aus eigener Anschauung kennen. Sowohl am Nord- als auch am Südabhange des Gebirges findet sich die Naphtha, der älteste und wichtigste Bezirk liegt bei Baku am Kaspischen Meere, außerdem wird in jüngerer Zeit bei Grosny im Terekgebiet Naphtha in erheblicher Menge gewonnen und mit der Bahn in Zisternenwagen nach Petrowsk verfrachtet, während sich im westlichen Kaukasus, Provinz Kuban, namentlich in der Umgebung des Hafenortes Novorossisk die Naphthaindustrie zu entwickeln beginnt.

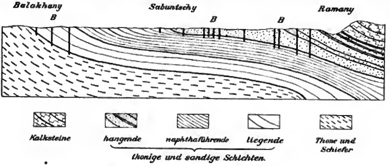
Wenden wir uns von Tiflis, der Hauptstadt Transkaukasiens, das am südlichen Endpunkte der von Wladikawkas über den Kaukasus führenden grusinischen Heerstraße gelegen ist, nach Osten. Die Eisenbahn folgt dem Thale der Kura, die Fahrt nach Baku dauert etwa 16 Stunden. Nur in unmittelbarer Nähe von Tiflis, wo das Thal des Flusses noch enger und genügend Wasser vorhanden ist, schmücken Wälder die Gehänge, und der Thalboden ist angebaut. Weiter ostwärts verbreitert sich das Thal, die Höhen treten zum Teil weit zurück, und die Gegend gleicht einer Stein- und Sandwüste. Die letzten 50 Werst (54 km) vor Baku führt die Bahnlinie, um die östlichen Ausläufer des Kaukasus zu umgehen, unmittelbar am Ufer des Kaspischen Meeres entlang an dürftigen Ortschaften vorüber, in deren Nähe vereinzelt die Spuren der Feldbestellung sichtbar sind. Die Kamele, welche zum Teil in größeren Herden auf der dürftig bewachsenen Steppe weiden, zum Teil als Reit- und Lasttiere die Wege beleben, nehmen mit ihren braunen armenischen Besitzern unser Interesse in Anspruch und erinnern daran, daß wir uns den Grenzen Asiens nähern. Die Bahn umzieht in weitem Bogen die Stadt Baku; zur linken erblickt man in der Ferne die Bohrtürme des nördlichen Naphthagebietes von Balakhany, Sabuntschy und Ramany, sie scheinen so gedrängt zu stehen, daß man glauben könnte, einen Wald hochstämmiger Fichten vor sich zu haben.

Baku macht durchaus den Eindruck einer orientalischen Stadt, das Sprachengewirr und Völkergemisch ist ähnlich wie in Tiflis, doch treten die russischen Uniformen zurück, es fehlen die vielen Verwaltungsbehörden und die große Garnison; Baku ist als wichtigster Hafen am Kaspischen Meere Handels- und Industriestadt. Übrigens macht es keineswegs, trotzdem das Häusermeer vom Strande am hohen Ufer hinaufsteigt, den Eindruck einer schönen Stadt, es ist eng gebaut, die Häuser sind in ihrer orientalischen Bauart zum Teil recht unansehnlich, nur am Hafen, im europäischen Viertel, sind stattliche Gebäude in größerer Zahl vorhanden. Dazu kommt, daß im regenlosen Sommer die häufigen Winde alles in den grauen Staub der Steppe hüllen, selbst in den Straßen belästigt er außerordentlich. Trotzdem die Naphthagebiete und die Raffinerien weit von der Stadt entfernt liegen (die letzteren sind in der schwarzen und weißen Stadt, weiter östlich am Meere vereinigt), ist der Geruch nach Petroleum doch überall bemerklich und keineswegs zu den Annehmlichkeiten zu zählen. Die Temperatur steigt im Sommer außerordentlich hoch. Unter den erheblich mehr als 100000 Einwohnern sind außer Europäern aller Nationalitäten besonders Armenier, Perser und Tataren zu bemerken. Der Mohammedanismus zählt viele Anhänger; in den Verkaufsläden, vor den offenen Werkstätten der Schemachastraße, auf den Marktplätzen trifft man nicht selten verschleierte Frauen in weiten Beinkleidern von lebhafter Farbe und buntem Kopfputz, dem ganzen Äußeren nach echt orientalische Gestalten; die Männer im lang herabfallenden anschließenden Rock mit fuchsrot gefärbtem Bart- und Haupthaar bilden das Gegenstück.

Die Eisenbahn führt uns in einer halben Stunde in das ältere Naphthagebiet zwischen den Orten Balakhany, Sabuntschy und Ramany. Ein Flächenraum von etwa 10 qkm ist ausschließlich von Anlagen bedeckt, die der Naphthagewinnung dienen, weit über 1000 beträgt die Zahl der Bohrtürme, im Jahre 1896 allein hat man im ganzen 53000 m Bohrlöcher gestoßen. Unsere Abb. 299 zeigt einen Blick auf dieses Gebiet, und ähnlich sehen alle Naphthagebiete der Welt aus; zwischen den Bohrtürmen und Behältern liegen gewaltigen Schlangen gleich die Rohrleitungen am Boden, ihre gesamte

Länge soll bei Baku mehr als 300 km betragen. Die Bohrlöcher, mit denen man in letzter Zeit Tiefen bis zu 500 m erreicht hat, müssen, da thonige und sandige, zum Teil wasserführende Schichten zu durchbohren sind, vollständig verrohrt werden. Abb. 300 zeigt ein geologisches Profil in der Richtung des Einfallens der Schichten, B sind die Bohrlöcher. Nicht alle Bohrungen sind erfolgreich; manche jedoch geben, wie bereits mitgeteilt, so gewaltige Mengen Naphtha, daß hohe Springquellen dem Boden entströmen; diese bestehen allerdings selten aus reiner Naphtha, sondern enthalten erhebliche Mengen Sand und Wasser. Die Bohrtürme sind, um ein zu hohes Emporspritzen der Naphtha und damit bei windigem Wetter ein Verstreuen derselben über weite Flächen, Feuersgefahr und Verluste zu vermeiden, mit Einrichtungen versehen, die den Strahl auffangen und zur Seite lenken (Abb. 301). Wäre das nicht der Fall, so würde die Fontäne hoch über die Seilscheibe hinaufsteigen. Leider sind Brände gerade sehr ergiebiger Quellen keine Seltenheit; einer Feuersäule gleich (Abb. 302) steigt die lodernde Naphtha empor, und als brennender verheerender Strom ergießt sie sich über die Umgebung, alles vernichtend, was sie erreicht. Man kann nichts thun, als der abfließenden Naphtha einen Weg bahnen, und muß ruhig abwarten, bis die Springquelle zu fließen aufhört, indem sie sich durch den mitgeführten Sand verstopft, nachdem der Druck abgenommen hat.

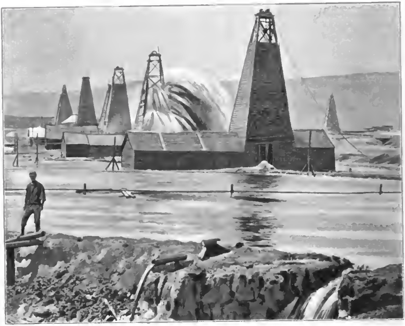
Über den Ursprung des Erdöls auch bei Baku ist man noch durchaus unsicher; ob die vulkanische Thätigkeit, welche sich hier von Zeit zu Zeit immer wieder regt, irgend welchen Zusammenhang mit dem Naphthaauftreten hat, läßt sich nicht entscheiden. Erst



300. Geologisches Profil durch den Öldistrikt.

kürzlich, am 16. Januar 1898, fand auf einer 10 km von Baku entfernt gelegenen Insel eine Eruption statt; 20 Minuten lang stieg aus einem Krater eine Feuersäule empor und schleuderte Steine und Erde bis zu 70 und 100 m hoch. Auch Schlammvulkane werden am Ausstrich der Naphtha führenden Schichten beobachtet.

Das Rohöl wird in unmittelbarer Nähe der Bohrlöcher in größeren Erdgruben aufgefangen, die in dem sandigen Boden ausgehoben werden; das ausgeschachtete Erdreich ist ringsum zu Dämmen aufgeschüttet, wodurch an Tiefe gewonnen wird. Hier findet die Abscheidung der Naphtha von dem Sande und Wasser statt. Solche Erdgruben sind in großer Anzahl vorhanden, auch haben einzelne bedeutendere Gesellschaften gemauerte Behälter von gewaltigem Fassungsraum — man spricht von Millionen Tonnen — angelegt, die mit leichter Abdeckung versehen sind. Sie dienen dazu, um bei Erbohrung besonders ergiebiger Ölquellen wenigstens einen Teil der dann hervorbrechenden gewaltigen Ölmengen bergen zu können, denn es kommt vor, daß von großen Springquellen die Naphtha, nachdem alle Behälter, auch die der benachbarten Werke, damit angefüllt sind, noch in großen Mengen bis in das Meer abfließt und dann natürlich verloren ist. Die bereits erwähnte Abb. 301 zeigt neben der Springquelle die bereits gefüllten Erdgruben; die Naphtha hat die Höhe des Dammes erreicht und strömt über.



301. Springquelle bei Baku.



302. Brennende Springquelle bei Baku.



303. Kokorewsche Fabrik und Tempel der Feueranbeter in Sabuntschy (Baku).



304. Destillationsapparat in Baku.

Ehe wir dieses Gebiet verlassen, müssen wir noch eines geschichtlich interessanten Ortes gedenken, des alten, jetzt verlassenen Tempels der Feueranbeter bei Sabuntschy (Abb. 303). Seit undenklichen Zeiten wurden dort die heiligen Feuer von Priestern gehütet, genährt durch natürliche Erdgase, die den Spalten des Bodens entstiegen. Vor einigen Jahren starben die letzten Mönche, die heiligen Feuer erloschen — und die Erdgase dienen heute, nachdem man sie in Rohrleitungen gefaßt hat, zum Betriebe einer Naphthadestillation, der Kokorewschen Fabrik.

Die meisten der Raffinerien liegen ziemlich weit von den Ölfeldern entfernt, und zwar wird das Rohöl von der Apscheron-Halbinsel in der schwarzen Stadt (Thorny Gorod genannt), eine halbe Stunde östlich von Baku am Meere gelegen, dasjenige des jüngeren Gebietes Bibi-Eibat in der noch etwas weiter östlich erbauten weißen Stadt (Bjely Gorod) verarbeitet. Diese Lage der Fabriken ist für die Verfrachtung mittels Schiff, auch für die Beschaffung des bei der Destillation erforderlichen Kühlwassers besonders geeignet, wie denn überhaupt wegen etwaiger Brandgefahr eine größere Entfernung der Raffinerien von den Bohrlöchern erwünscht ist.

Die Beförderung des Rohöls geschieht in geschlossenen Leitungen. Zunächst wird dasselbe in Tanks von etwa 3000 t Fassungsraum gepumpt, es sind deren stets zwei vorhanden, sie werden abwechselnd benutzt und dienen zur Messung der den Fabriken zugeführten Mengen. Soweit nicht die Unterschiede in der Höhenlage ein selbsttätiges Abfließen der Naphtha in den Leitungen ermöglichen, geschieht die Beförderung durch Druckpumpen, zum Teil auf sehr weite Entfernungen.

Die Fabriken der größeren Gesellschaften nehmen ausgedehnte Räume ein; auch hier sind große, zum Teil gemauerte Gruben zur Aufnahme des Rohöls vorhanden, aus denen dasselbe in große Tanks gepumpt wird. In diesen findet bereits eine Vorwärmung statt, indem die heißen Rückstände von der Destillation in Schlangenröhren diese Behälter durchlaufen und den größten Teil ihrer Wärme abgeben, ehe sie in die dafür bestimmten besonderen Vorratsräume gelangen.

Die Verarbeitung des Rohöls besteht in einer Destillation bei allmählich zunehmender Temperatur und darauf folgender Kondensation der abdestillierenden Gase in geräumigen Kühlschlangen. In den älteren Anlagen bilden sechs bis sieben, in den neueren zehn bis zwölf den Dampfkesseln ähnlich gebaute eiserne Kessel oder Kolben eine Batterie (Abb. 304). Die Heizung erfolgt entweder nach Nobelschem System durch Einführen von überhitztem Wasserdampf in die Kessel oder durch Feuerung mittels der Destillationsrückstände, des sogenannten Masut; wie aber auch die Heizung eingerichtet sein mag, immer durchläuft die Naphtha der Reihe nach die Kessel, und in jedem derselben wird die Temperatur gesteigert. Die Destillate der beiden ersten Kessel ergeben in Baku Gasolin, die folgenden Benzin, und die Destillate aller übrigen Kolben werden gemischt und geben Petroleum, dabei wird die Erhitzung bis auf etwa 230° C. gesteigert. Gasolin wird in besonderen Lampen als Leuchtöl verwendet und dient neben Benzin als Lösungsmittel in der Gummiindustrie und bei der Verarbeitung der Harze zu Firnissen. Benzin findet außerdem Anwendung in der chemischen Wäscherei und hat für den Bergbau erhöhte Bedeutung erlangt, seitdem es als Brennstoff für die Sicherheitslampen im Kohlenbergbau benutzt wird.

Das Petroleum, Kerosin oder Leuchtöl muß nach der Destillation noch einem Reinigungsprozeß unterworfen werden; es wird durch Einpressen von Luft in besonderen Gefäßen mit Schwefelsäure (etwa $^1/_2$ %) innig längere Zeit gemischt. Hierbei scheiden sich Kerosinsäure und brenzlige Bestandteile ab, die sich nach Durchführung des Verfahrens wegen des höheren spezifischen Gewichts mit der überschüssigen Schwefelsäure (Petroleumgewicht etwa 0,82, Schwefelsäuregewicht 1,84) zu Boden setzen, so daß die Trennung durch einfaches Abheben der Flüssigkeit möglich ist. Der noch verbliebene kleine Rest von Schwefelsäure wird in anderen Gefäßen durch analytisch bestimmte Mengen von Ätzkali gebunden und die Reinigung des Petroleums durch Aussüßen mit Wasser vollendet. Das Überführen der Flüssigkeiten in die verschiedenen Gefäße findet durch Pumpbetrieb statt. Vor der Verladung des Petroleums wird im Laboratorium

das spezifische Gewicht, die Entflammbarkeit, Farbe und Leuchtkraft bestimmt, da hiervon der Preis abhängt.

Die Rückstände, welche sich bei der Destillation ergeben, Masut genannt, betragen in Baku etwa 65% der Rohnaphtha, sie sind ein wertvolles Produkt und werden für Lokomotiven, Dampfschiffe und sonstige Feuerungen als gesuchter Brennstoff verwendet; auch die Dampfkessel für den eigenen Betrieb heizt man in Baku mit Masut. Es gibt nichts Einfacheres als eine solche Feuerung; ein Rost ist nicht vorhanden, aus einem höher gelegenen Behälter, in dem unter Umständen das Masut unter dem Drucke von Preßluft steht, führt ein Rohr mit eigenartigem Mundstück in den Feuerungsraum, das flüssige Masut wird durch Preßluft, die zu gleicher Zeit mit austritt, zerstäubt und brennt mit schwach leuchtender Flamme. So kann das Feuer wochenlang ununterbrochen unterhalten werden; ein Mann beaufsichtigt etwa sechs Feuerungen. Die äußerst geringe Menge von Asche, die sich bildet, wird alle 14 Tage einmal entfernt.

Nur ein kleiner Teil der Rückstände wird zur Zeit auf Solaröle und Schmieröle durch weitere Destillation verarbeitet, der verbleibende Rückstand, Gudron, ist dem gereinigten Asphalt sehr ähnlich und wird wie dieser verwendet.

Die fertigen Produkte werden zur Verladung in Behälter gepumpt, von denen Rohrleitungen bis zu den Eisenbahngleisen zur Füllung der Tankwagen, andere Rohrleitungen bis zu den Docks zur Verladung in die Dampfschiffe führen, welche den Transport über das Kaspische Meer und die Wolga aufwärts vermitteln. Auch in der Schiffsverfrachtung des Petroleums und des Masut hat sich mit der Zeit mancherlei geändert. Wegen des nicht wieder zu beseitigenden Geruches sind die Schiffe ausschließlich für die Verfrachtung der Naphthaprodukte bestimmt. Die ursprüngliche Verladung in Fässern war zeitraubend, und es wurde nur etwa die Hälfte des Laderaumes ausgenutzt, später ging man zu Zinkkästen von 1 Pud Inhalt über, welche in Holzkisten eingesetzt waren. Hierdurch wurde zwar der Raum wesentlich besser ausgenutzt, aber die Zeit für das Beladen und Entladen der Schiffe blieb dieselbe wie früher. Endlich wandte man Tankschiffe (Schiffe mit eingebauten Behältern) an, das Beladen und Entladen findet nunmehr mittels Pumpbetrieb statt und erfordert nur noch soviel Stunden wie bei den älteren Methoden Tage. Allerdings sind wegen der starken Volumenveränderung, welche Masut und Petroleum bei Temperaturschwankungen erleiden, besondere Vorkehrungen nötig, um die Behälter stets gefüllt zu erhalten und ein Überfließen zu verhüten, ferner sind zur Vermeidung von Feuersgefahr die Masutbehälter von den Maschinenräumen durch doppelte Querschotte getrennt, zwischen die Wasserfüllung eingebracht ist; die Beleuchtung auf den Schiffen ist ausschließlich elektrisch, Heizung und Kocheinrichtungen werden durch Dampf gespeist. Auch die Häfen sind zum Entladen und Weiterverladen für den Bahntransport entsprechend mit Behältern und Pumpeinrichtungen versehen.

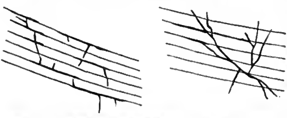
Wie großartig der Versand ist, geht wohl am besten daraus hervor, daß im Jahre 1896 etwa 25 Millionen Rubel allein für Frachten bezahlt wurden. Dabei ist die Erdölerzeugung in Baku bis jetzt beständig gestiegen, ohne daß eine Erschöpfung des Naphthagebietes zu bemerken gewesen wäre.

Die Schieferölindustrie. Es mag hier kurz erwähnt werden, daß schon seit dem Jahre 1830 in Frankreich zu Autun im Departement Saône et Loire und zu Buxières-la-Grue im Departement Allier ebenso zu Boghead und anderen Orten in Schottland eine Industrie besteht, welche aus bituminösen Schiefern, den sogenannten Ölschiefern, durch trockene Destillation die schwereren Produkte, wie sie aus der Rohnaphtha gewonnen werden, Brennöle und namentlich Schmieröle darstellt. Es ist nur zu natürlich, daß die Schieferölindustrie, deren Rohprodukt durch bergmännischen Betrieb gewonnen wird, bei der massenweisen Verbreitung der Erdöldestillate nach 1860 zunächst schwer geschädigt wurde. Durch Einführung von mancherlei Verbesserungen ist es jedoch nicht nur gelungen, diese Industrie zu erhalten, sondern sie sogar konkurrenzfähig zu machen. An den genannten Orten werden zur Zeit jährlich noch mehrere hunderttausend Tonnen Ölschiefer abgebaut und namentlich auf Schmieröle verarbeitet.

Erdwachs.

Die bedeutendste bergmännisch ausgebeutete Ablagerung von Ozokerit findet sich zu Boryslaw in Galizien, nördlich der Karpathen an dem Flüßchen Tysmienica, einem Zuflusse des Dnjestr. Schon seit dem Jahre 1856 gewann man dort in kleinen kreisrunden 9—12 m tiefen und notdürftig mit Korbgeflecht ausgebauten Schächtchen Erdöl in geringen Mengen. Dasselbe floß auf der Schachtsohle zusammen und wurde von Zeit zu Zeit ausgeschöpft. Die erdölführenden Schichten gehören dem jüngeren Tertiär an und erstrecken sich über eine Fläche von etwa 2 km Länge und 700 m Breite. Man kannte schon damals das Erdwachs, ohne jedoch Verwendung dafür zu haben, sein Vorkommen beschränkt sich auf den mittleren Teil der Petroleumzone. Erst seit 1862 wurde es mit dem Erdöl zusammen gewonnen und der trockenen Destillation unterworfen. Dabei erhielt man etwa 4% Benzin, 27% Petroleum, 7% Schmieröle und 55% Paraffin, als Rückstand verblieb etwas Koks, und es entwichen leicht flüchtige Gase. Doch erst seitdem kurz nach 1870 durch Behandeln mit Schwefelsäure und Entfärbungspulver die Darstellung von Ceresin als Ersatz für Bienenwachs aus Ozokerit fabrikmäßig betrieben wurde und der Preis dementsprechend stieg, schenkte man demselben mehr Aufmerksamkeit, ja es waren im Jahre 1872 über 4000 Schächtchen zur Erdwachsgewinnung im Betrieb.

Unter einer Schicht von wasserführenden Geröllen findet sich in Boryslaw eine Lage von wasserdichtem plastischen Thone, der für die Abdämmung der Tagewasser von den tieferliegenden Salzthon- und Sandsteinschichten, welche die unregelmäßigen gangartigen Vorkommen von Erdwachs umschließen, sehr wichtig ist. Die Abb. 305 u. 306 geben ein gutes Bild von dem Ozokeritauftreten. In den erdwachsführenden Schichten herrscht ein so starker Gebirgsdruck, daß es fast unmöglich ist, die Schächte und namentlich die Strecken längere Zeit hindurch in gutem Zustande zu erhalten. Verschiedene Erscheinungen weisen darauf hin, daß nicht nur das Gewicht der Gebirgsmassen, sondern vielmehr die Entwickelung großer Mengen von explosiblen und hochgespannten Gasen aus dem Ozokerit diesen ganz außergewöhnlichen Druck erzeugt. Die Streckenzimmerung wird in sehr kurzen Zeiträumen, oft schon nach einigen Tagen zerdrückt, das Gebirge gleicht einer plastischen Masse, die von allen Seiten unaufhaltsam gegen die Zimmerung vorrückt. Hierdurch erklären sich auch die Ausbrüche von Erdwachs und Gasen, die zuweilen so plötzlich eintreten, daß durch die Gase betäubte Arbeiter in den Wachsmassen begraben werden. Einer der berühmtesten Ausbrüche von Erdwachs erfolgte im Jahre 1873 in einem 98 m tiefen Schachte, welcher durch das hereingedrückte Wachs vollkommen bis zum Tagkranze ausgefüllt wurde. Trotz fortwährender Entnahme von Wachs nahm dasselbe längere Zeit hindurch nicht ab, sondern es drangen immer wieder neue Massen nach. Diese Erscheinungen erinnern außerordentlich an das Auftreten der Erdölspringquellen.



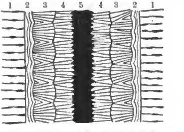
305 u. 306 Unregelmäßige Gänge von Ozokerit zu Boryslaw in Galizien.

In geringerem Maße zeigt sich das Herausquellen des Wachses fast überall im Gebirge. Oft werden hinter der in Druck geratenen Zimmerung größere Klumpen Wachs gefunden, die auf einer Kluft herausgedrückt wurden; nicht selten hat man beim Verfolgen der letzteren größere Erdwachsmengen angetroffen. Diese eigenartigen Verhältnisse haben zu einer Abbaumethode geführt, die man Einzelschachtbetrieb nennt, und die sich vielleicht am besten mit dem am Rhein früher üblichen Duckelbau vergleichen läßt. Es werden enge Schächtchen geteuft (seit 1884 darf laut berggesetzlichen Bestimmungen die gegenseitige Entfernung nicht kleiner als 10 m sein), und durch Auffahren kurzer Strecken

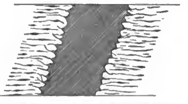
von etwa 5 m Länge baut man ohne Belassung eines Schachtpfeilers die zunächst am Schachte befindlichen Wachsmassen ab. Das Gebirge kommt hierdurch bald in Bewegung, der Schacht verdrückt sich und muß dann verlassen werden; bei wachsreichem Gebirge wird er durch einen anderen in unmittelbarer Nähe ersetzt. Die Schächte erhalten nur 1 qm lichten Querschnitt, und trotzdem einige bis zu 250 m Tiefe erreichten, fand Förderung und Fahrung lediglich im Kübel des Handhaspels statt, den nicht selten 5, selbst 7 Mann bedienten. Die Explosionsgefahr machte stets die Benutzung der Sicherheitslampe notwendig, und wegen des betäubenden Einflusses der Gase arbeiten die Häuer im Schachte und auch in den Strecken an einem Hängegurt, mittels dieses haspelt man sie herauf, falls sie bewußtlos werden.

Da das Erdwachs leichter als Wasser ist, so kann nach dem Auslesen der größeren reinen Stücke die Trennung von anhaftenden Thonteilchen in der folgenden einfachen Weise erfolgen. Die geförderten Massen, welche reines Wachs in kleineren Stücken sowie durch Thon verunreinigtes Wachs enthalten, werden in Bottiche gethan, die mit Wasser gefüllt sind. Beim Umrühren steigen dann allmählich die Wachsteilchen in die Höhe und können mit der Schaufel abgeschöpft werden, der Thon löst sich ab und sinkt zu Boden.

Die Preise, welche zwischen 18 und 35 Gulden für 100 kg bestes Erdwachs geschwankt haben, betrugen im Jahre 1894 20—23,5 Gulden, die Produktion hat der



307. Asphaltgang bei Bentheim nach H. Credner.



308. Asphaltgang von Neubraunschweig nach Dawson.

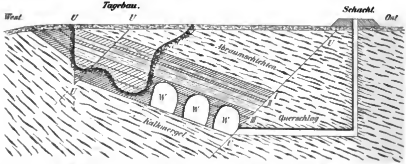
Nachfrage entsprechend zwischen 1000 und 2000 Doppelwagen jährlich im Werte von 2—4 Millionen Gulden geschwankt. Während ein großer Teil in Österreich verarbeitet wird, geht ein anderer nach Deutschland. (S. Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1891.)

Asphalt.

Asphalt nennt man im Verkehr Stoffe von sehr verschiedener mineralogischer Zusammensetzung, und zwar unterscheidet man **reinen Asphalt**, der nur aus Kohlenwasserstoffen und deren Sauerstoffverbindungen besteht, und auch unter dem Namen **Erdpech** bekannt ist, und **Asphaltstein** d. i. Erdpech mit mehr oder weniger Beimengung von erdigen Substanzen, oder Kalksteine und Sandsteine, welche von Asphalt durchtränkt sind. Der reine Asphalt kommt zum Teil auf echten Gängen vor, z. B. zu **Bentheim** in der Provinz Hannover, woselbst mehrere Gänge (s. Abb. 307) von etwa 1 m Mächtigkeit im Schieferthon (1) der Kreideformation auftreten. In der Gangmitte findet sich pechschwarzer stark glänzender Asphalt (5), während im übrigen die Gangspalte von lagenförmig auftretendem lettigen Asphalt(2), strahligem Schwefelkies(3) und stengeligem Kalkspat(4) erfüllt ist. Auch in der Provinz Kanada, **Neubraunschweig**, findet sich in bituminösen Schiefern, welche älter als die Steinkohlenformation sind, ein Gang von 1—6 m Mächtigkeit (s. Abb. 308), welcher in der Hauptsache glänzenden, ausgezeichnet muschelig brechenden Asphalt, dort **Albertit** genannt, führt. Es findet dort lebhafter Bergbaubetrieb statt, der bereits bis zur Tiefe von 300 m eingedrungen ist. — Merkwürdigerweise wirft das **Tote Meer**, in dessen Umgebung Lager von Asphaltstein bekannt sind, beständig Stücke

von sehr reinem, im Handel geschätztem Asphalt aus. Derselbe wird von den Anwohnern gesammelt und in der Industrie namentlich zu seinen Lacken verarbeitet, es wird angegeben, daß sich nach starken Erdbeben Stücke von mehreren Tonnen Gewicht finden. Der Asphalt, dessen spezifisches Gewicht nur 1,1 — 1,2 beträgt und der zuweilen durch Gasporen noch leichter wird, schwimmt auf dem salzigen Wasser, seine Herkunft ist unbekannt.

Berühmt als Fundort und bereits seit einem Jahrhundert ausgebeutet ist der an der Westküste der Insel **Trinidad** gelegene sogenannte Asphaltsee. Der Asphalt, welcher nur wenig erdige Beimengungen enthält, findet sich dort in einem kraterähnlichen angenähert kreisrunden Becken. Der nordamerikanische Geolog Peckham, welcher den Asphaltsee und seine Umgebung im Jahre 1894 untersuchte, schätzt die Oberfläche auf 40 ha. Der Asphalt ist so fest, daß man sich auf der Seeoberfläche, die etwa den Anblick gewährt wie der Schlammboden eines vor kurzem abgelassenen Teiches, ohne Gefahr bewegen kann, doch ist dieselbe durch mit Wasser gefüllte Risse und Sprünge zerklüftet. Vom Asphaltsee aus erstreckt sich ein breiter Asphaltstrom bis an das Meer, auf demselben sind die Hütten des Negerdorfes „**La Brea**“ (die spanische Bezeichnung für Erdpech), das Namen und Entstehung dem Mineralvorkommen verdankt, auf eingerammten



309. Profil durch die Asphaltlager von Limmer bei Hannover nach F. K. Hoffmann.

Pfählen errichtet. Nachgrabungen haben ergeben, daß der Asphalt, welcher übrigens Eigentum der englischen Regierung ist, in mehr als 13 m Mächtigkeit vorhanden ist.

Die Gewinnung findet in einfachster Weise durch Gräberei statt, der Asphalt wird entweder roh verschifft oder vorher in großen Kesseln umgeschmolzen. Hierbei sinken die erdigen Teile zu Boden, der geringe Gehalt an Wasser wird verdampft und der reine Asphalt kann abgeschöpft und in Formen gegossen werden. Nicht nur die Umgebung des Asphaltsees, sondern auch ein Teil von dessen Oberfläche ist mit üppigem Pflanzenwuchs bedeckt, der allerdings häufig durch Waldbrand vernichtet wird. Es gerät dann auch die Oberfläche des Asphaltes in Brand und verwandelt sich in eine geschmolzene und verkokte Masse, das sogenannte **Eisenpech**. Der See und seine Umgebung gewähren keineswegs das Bild der Verwüstung infolge des ununterbrochenen Abbaues, denn nur die Oberfläche des Asphaltes ist erhärtet, in der Tiefe dagegen ist die Masse noch so weit dickflüssig, daß sich die durch Ausschachtung entstandenen Gruben mit der Zeit von selbst wieder füllen. Der Trinidadasphalt wird in großen Mengen nach allen Weltgegenden hin verfrachtet, die Jahresproduktion hat in der letzten Zeit über 90 000 t betragen.

Asphaltstein kommt an vielen Orten in großen Mengen vor, die bitumenhaltigen Kalksteine werden den Sandsteinen bedeutend vorgezogen. In Deutschland sind derartige Gruben im Betrieb zu **Limmer** bei Hannover, zu **Vorwohle** in Braunschweig und zu **Lobsann** im Elsaß. Sehr guten Ruf haben auch die Produkte aus dem **Val de Travers** bei Neufchâtel in der Schweiz und die französischen von **Seyssel** bei Pyrimont im Rhonethal. Auch **Ragusa** auf Sizilien liefert Asphaltstein auf den Weltmarkt. Die

großen Mengen, welche im russischen Gouvernement Simbirsk gewonnen werden, dürften im Inlande Verwendung finden. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika haben die bedeutendsten Ablagerungen im Staate Utah.

Als Beispiel über das Vorkommen von Asphaltstein in Deutschland sei dasjenige von Limmer bei Hannover beschrieben (F. A. Hoffmann, Zeitschrift für praktische Geologie 1895). Das dortige Schichtensystem (Abb. 309) gehört nach seinen zahlreichen Versteinerungen von Muscheltieren dem oberen Jura an, es sind drei Lager von bituminösem Kalkstein mit im ganzen 11,0 m Mächtigkeit bekannt. Sie werden zum Teil durch Tagebau, das tiefste und zugleich mächtigste Lager auch durch Weitungsbau W gewonnen. Die Lagerung ist mehrfach durch Verwerfungen U gestört. Der Gehalt an Bitumen schwankt im Mittel zwischen 12 und 14 %; zur Herstellung von Asphalt für Straßenpflaster wird der Kalkstein gemahlen und unter Erhitzung und Umrühren in Kesseln noch mit 5—9 % Gudron — d. i. durch Umschmelzen gereinigter Trinidad-Asphalt — innig gemengt.

Bei weitem die Hauptmenge der gewonnenen Asphaltmineralien dient zur Zeit zu Straßenpflaster und zwar als Stampf- und Gußasphalt. In Deutschland erfreut sich das Asphaltpflaster als geräuschlose Pflasterung viel größerer Beliebtheit als Holzpflaster. Das letztere wird z. B. in Berlin überhaupt nicht mehr neu verlegt, während die Asphaltpflasterung immer mehr Anwendung findet. Ende 1896 hatte Berlin, das überhaupt etwa $5\frac{1}{2}$ Mill. Quadratmeter Pflaster besitzt, hiervon 1 300 000 qm Asphaltpflaster. Die Herstellung eines Quadratmeters kostet jetzt etwa 13 Mark.

Außerdem wird Asphalt, weil er für Wasser fast undurchdringlich ist, im Bauwesen vielfach angewendet: zu Dachpappen, zur Herstellung von Fußböden, auch zur Abhaltung der Grundfeuchtigkeit als Zwischenlage in Mauern. Die bedeutende Elastizität, welche Asphalt besitzt, macht den Asphaltbeton (Mischung von geschmolzenem Asphalt mit Klarschlag) sehr geeignet zur Fundamentierung von Maschinen, deren Geräusch wie bei Aufstellung von Dynamos, Gas- und Petroleummotoren in Gebäuden gedämpft werden soll. Durch Lösung des Asphalts in Terpentinöl erhält man je nach der Reinheit der verwendeten Rohstoffe Anstrichfarben verschiedener Güte, die auch als Rostschutz für Eisengegenstände dienen. Aus dem reinsten Asphalt nnd Terpentinöl unter Zusatz eines trocknenden Öls werden feine Asphaltlacke hergestellt, die bis zu 4 und 5 Mark das Kilogramm kosten. Eine feine Ölfarbe, ein dunkles Braun mit feurigem Farbton, Asphaltbraun, wird in der Ölmalerei benutzt, es hat jedoch den Nachteil, am Lichte nachzudunkeln. Die übermäßige Anwendung dieser Farbe ist der Grund, weshalb viele Bilder, namentlich niederländischer Meister, so sehr dunkel werden. Auf der Eigenschaft gewisser Bestandteile des Asphaltes, durch Belichtung ihre Löslichkeit in ätherischen Ölen zu verlieren, beruht seine Anwendung bei Vervielfältigungsverfahren und zwar in der Asphaltphotographie (auch Heliographie genannt) und in der Asphaltphotolithographie.

Die Weltproduktion an Asphaltrohstoffen dürfte nach Rothwell jährlich etwa 600 000 t betragen, hiervon entfallen auf Deutschland etwa 50 000 t.

Die Gewinnung der Salze.

Salze im bergmännischen Sinne nennen wir solche natürlich vorkommenden Mineralien, welche in Wasser löslich sind. Die Zahl derselben ist zwar erheblich kleiner als diejenige der Erze, aber immerhin müssen wir etwa 20 verschiedene Salze und Gruppen von Salzen nennen, die für die Technik wichtig sind und deshalb zum Teil in außerordentlich großen Mengen gewonnen werden.

Das wichtigste von allen und der Menschheit seit den ältesten Zeiten unentbehrlich ist das Steinsalz oder Kochsalz (Chlornatrium), auch schlechthin Salz genannt, in reinem Zustande farblos, durchsichtig wie Eis, es krystallisiert in Würfeln und ist auch nach dem Würfel spaltbar. Das gewöhnliche Steinsalz ist jedoch milchweiß, in der Natur ist es mehr oder weniger durch andere Salze, auch durch Thon, Anhydrid und

Gips, seine ständigen Begleiter, verunreinigt. Das Steinsalz kommt in mächtigen Lagern im geschichteten Gebirge vor und zwar namentlich im Zechstein und den jüngeren Formationen; durch Faltung und Zusammenschiebung der ursprünglich angenähert wagerecht abgelagerten Salzmassen entstehen auch stockförmige Vorkommen, wie z. B. in den Nordalpen. In regenarmen Gegenden findet sich ferner Kochsalz in den Salzseen in großer Menge gelöst z. B. in den flachen Niederungen der dem Kaspischen Meere benachbarten Gebiete, im Toten Meere, im Großen Salzsee des Staates Utah der Vereinigten Staaten und an vielen anderen Orten. Die einmündenden Flüsse führen diesen Binnenseen beständig Salzmengen zu; während das Wasser unter dem Einfluß der trockenen Steppenwinde schnell verdunstet, reichert sich der Salzgehalt immer mehr an, so daß sich am Ufer Salzkrusten absetzen und schließlich mächtige Lager auf dem Seeboden gebildet werden. Ähnlicher Entstehung sind die Salzsteppen z. B. im südlichen Rußland, in Südamerika, in den regenlosen Teilen der Küste des Stillen Ozeans, in der Argentinischen Republik, in Südafrika u. s. w. — Das Meerwasser der Ozeane enthält etwa $3^1/_2$ % Salze aufgelöst, von denen der bei weitem größte Teil Kochsalz ist. Es sind die Gehalte in verschiedenen Meeren zwar nicht die gleichen, im Mittel dürften jedoch folgende Mengen von Salzen im Meerwasser gelöst sein:

Chlornatrium (Kochsalz)	2,7 %
Chlorkalium	0,07 %
Chlormagnesium	0,36 %
Brommagnesium	0,002 %
Magnesiumsulfat	0,230 %
Calciumsulfat	0,140 %
Summe	3,502 %

Endlich finden sich auch Salzquellen, welche salzhaltigem Gebirge entspringen und zuweilen bedeutende Mengen Salz gelöst enthalten, z. B. zu Reichenhall 23 %, zu Artern östlich vom Kyffhäuser sogar $25^1/_2$ %. Der Bedarf an Steinsalz ist so allgemein und so verbreitet, daß aus allen diesen natürlichen Vorkommen auf mannigfache Weise Steinsalz gewonnen wird.

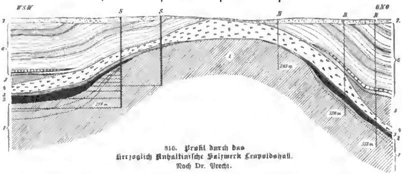
Zusammen mit dem Steinsalz kommen auf einzelnen Lagerstätten in wechselnden Mengen eine Anzahl Salze vor, die wir im folgenden kurz besprechen wollen. Unter ihnen sind die Kalisalze am wichtigsten, da sie heute nicht nur für die chemische Industrie unentbehrlich, sondern auch für die Landwirtschaft ein gesuchtes Düngemittel geworden sind, teils im rohen, teils im verarbeiteten Zustande. Deutschland hat das Glück, in seinem Boden bedeutende Mengen solcher Salze in abbauwürdigen Lagerstätten zu bergen; ja es hat bis jetzt fast ein Monopol auf die Kalisalze, denn außerhalb Deutschlands werden nur auf dem Ostgalizischen Salzwerke Kalucz seit dem Jahre 1890 einige tausend Doppelzentner Kainit gefördert. Die hauptsächlichsten Produktionsorte liegen in der Nähe von Staßfurt und Leopoldshall und am Nordrande des Harzes (Langelsheim, Vienenburg, Wilhelmshall). Doch das Wort Kalisalze ist heute geradezu ein Losungswort für die bergmännische Technik und — man könnte fast sagen leider — auch für die kaufmännische Spekulation geworden; in ganz Norddeutschland wird nach Kalisalzen gebohrt, und es wurden von den verschiedensten Orten erfreuliche Funde gemeldet, so z. B. zu Tiederhall, südlich von Braunschweig, zu Rüdersdorf, östlich von Berlin, in der Nähe des Benther Berges bei Hannover, zu Lübtheen in Mecklenburg, zu Salzungen südlich von Eisenach, am Oberröblinger See bei Eisleben, und an anderen Orten mehr. Auch sind noch manche Bohrungen im Gange, bei denen man Kalisalze anzutreffen hofft. Ob alle diese Funde abbauwürdig sein werden, ob eine bedeutend gesteigerte Produktion die Preise drücken, oder ob sich der Absatz dementsprechend steigern wird, vermag nur die Zukunft zu entscheiden. Zunächst sorgt übrigens der Kalisalzring dafür, daß keine Überproduktion stattfindet.

Die sämtlichen mit dem Steinsalze zusammen vorkommenden Salze wurden früher unter dem Sammelnamen Abraumsalze zusammengefaßt, man hielt sie für mehr oder weniger verunreinigtes Steinsalz und hatte keine Verwendung dafür. Erst um das

Jahr 1860 wurde der bedeutende Wert der Kalisalze erkannt und im darauf folgenden Jahre nahe bei Staßfurt die erste Fabrik zur Verarbeitung derselben auf Chlorkalium und Düngemittel eröffnet; seitdem steigen Förderung und Verbrauch fast beständig. Wert und Menge der geförderten Kalisalze sind für die letzten Jahre aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

Deutschlands Kaliproduktion.

Jahr	Kainit		Andere Kalisalze	
	metr. Tonnen	Wert, Mark	metr. Tonnen	Wert, Mark
1890	361 827	5 200 000	913 030	11 305 000
1891	472 256	6 800 000	899 000	11 086 000
1892	549 445	7 840 000	802 600	10 129 000
1893	664 986	9 600 000	861 160	11 048 000
1894	727 234	10 300 000	916 340	11 952 000
1895	661 479	9 310 000	860 305	11 270 000
1896	877 885	13 299 000	902 707	11 857 234
1897	995 821	13 985 000	950 367	12 079 000



310. Profil durch das Herzoglich Anhaltinische Salzwerk Leopoldshall. Nach Dr. Precht.

Die häufigsten und wichtigsten unter den Abraumsalzen sind die folgenden:

Sylvin, äußerlich dem Steinsalz sehr ähnlich, doch von etwas anderem, eigentümlichem Geschmack, ist reines Chlorkalium, Sylvinit ein Gemenge von Chlornatrium und Chlorkalium. Carnallit meistens weiß, zum Teil rötlich, ist ein wasserhaltiges Doppelsalz des Chlorkaliums (etwa 27 %) und des Chlormagnesiums. Der Kainit ist ein wasserhaltiges Doppelsalz von (etwa 30 %) Chlorkalium und Magnesiumsulfat. Kieserit besteht aus wasserhaltigem Magnesiumsulfat, Schönit aus einem Gemenge von Magnesium- und Kaliumsulfat, Polyhalit, meistens rot oder grau gefärbt und leicht kenntlich an der parallelfaserigen Struktur, aus den Sulfaten (schwefelsauren Salzen) des Calciums, Kaliums und Magnesiums. Bei den Abraumsalzen ist nur der Kaliumgehalt wichtig, der Magnesiumgehalt wird zur Zeit in sehr kleinem Maße nutzbar gemacht. Dort, wo sich Abraumsalze in der Natur finden, liegen sie gewöhnlich über mächtigen Ablagerungen von Steinsalz. Ihre Bestandteile sind im Meerwasser mit enthalten (vergl. die Zusammenstellung S. 258); beim Verdunsten größerer Mengen desselben, welche durch Barrenbildung vom offenen Meere abgetrennt wurden, krystallisierte zunächst das Steinsalz und bildete mächtige Schichten, erst später schieden sich bei fortgesetzter Verdunstung aus der übrigbleibenden Mutterlauge die leichter löslichen Abraumsalze aus, sie finden sich daher in den hangenden Schichten. Wir sind um so mehr zu diesen Schlüssen über die Bildungsweise der Steinsalz- und Kalisalzlagerstätten berechtigt, als sich bei der allmählichen Verdunstung von Meerwasser in den Seesalinen und dem Versieden der natürlichen Salzsolen diese Vorgänge immer wieder, wenn auch nur im kleinen vor unseren Augen abspielen. Thonmassen, welche sich über den Salzen später ablagerten, haben zu deren Erhaltung wesentlich beigetragen.

Für die geschilderten Verhältnisse gibt ein Profil durch das Magdeburg-Halberstädter Becken (Abb. 310) das beste Beispiel. Das ältere Steinsalz (1) liegt dort in sehr wechselnder aber bedeutender Mächtigkeit von 150—900 m zwischen der Dyas- und Triasformation, das Liegende, welches nur an zwei Stellen, bei Unseburg und bei den deutschen Solvaywerken bekannt geworden ist, besteht aus Anhydrit und Schiefer. Im Steinsalze ist durch regelmäßig auftretende feine Anhydritschnüre, an deren Stelle in den obersten Schichten Polyhalit- und Kieseritschnüre treten, die Schichtung angedeutet. Über dem älteren Steinsalze liegt eine 25—40 m mächtige Schicht von Abraumsalzen — auf dem Profil mit 2 bezeichnet und schwarz angelegt — die zum größten Teile aus Carnallit, zum kleineren Teile aus den wahrscheinlich durch nachträgliche Umwandlung aus Carnallit infolge Einwirkung von Wasser entstandenen Salzen Sylvinit, Kainit und Schönit besteht; darüber folgt etwa 8 m Salzthon (3) dann Anhydrit (4). Nur über einen Teil der vom älteren Steinsalze eingenommenen Fläche findet sich noch jüngeres Steinsalz (5), über diesem die Lettenschiefer des Buntsandsteins (6) und an der Oberfläche Alluvium und Diluvium (7).



311. Schichtenbiegung der Abraumsalze bei Staßfurt.

Auf dem Sattel, den das ältere Steinsalz bildet, sind die Abraumsalze überhaupt nicht zur Ablagerung gelangt, oder nachträglich weggewaschen worden. Daß in denselben nachträglich Veränderungen stattgefunden haben, wird durch die nicht seltenen Schichtenbiegungen (Abb. 311) angedeutet. Die Grubenbaue in diesen Horizonten bieten zum Teil einen sehr schönen Anblick, da Lagen von weißen, rötlichen und dunklen Salzen miteinander wechseln. Ähnlich sind die Lagerungsverhältnisse in den anderen norddeutschen Kalisalzwerken.

Die übrigen Salze, welche später kurz besprochen werden sollen, haben zwar örtlich große Bedeutung, wie die Salpeterlager der Westküste Südamerikas, die Sodalager im Westen der Vereinigten Staaten in Nordamerika oder die Mirabilitablagerungen Transkaukasiens, aber keins derselben hat die große Verbreitung fast über den ganzen Erdball und wird so allgemein benutzt, wie das Steinsalz. Betrachten wir daher zunächst die Gewinnung des Speisesalzes, dieser unentbehrlichsten Würze der menschlichen Nahrung. Das älteste Verfahren dürfte die Gewinnung des Seesalzes und die Zugutemachung der Salzquellen (Solquellen) sein, weist doch die Natur selbst auf diesen Weg, indem sich auch heute noch natürliche Seesalinen bilden und reiche natürliche Solquellen dem Boden entströmen.

Die Seesalinen. Dort, wo sich an flachen Küsten durch Dünen- oder Haffbildung Lagunen vom offenen Meere abtrennen, in die das Meerwasser nur zur Zeit von Hochfluten eintritt und wo gleichzeitig hohe Temperatur, regenlose Jahreszeiten und vorherrschende Landwinde die Verdunstung beschleunigen, scheiden sich mit der Zeit an den Ufern Krusten unreinen Salzes ab, die gesammelt werden können. Dieses Seesalz hat einen scharfen bitteren Geschmack von dem ziemlich hohen Gehalt an Bittersalz (Magnesium-

sulfat), trotzdem wird es von den Anwohnern, die daran gewöhnt sind, verwendet. Derartige natürliche Seesalinen gibt es an den französischen Küsten, am Schwarzen Meere. in Arabien, Vorderindien, China und an anderen Orten mehr. Unerhebliche Mengen von Salz werden auch an felsigen Küsten dadurch ausgeschieden, daß das Meerwasser bei stürmischem Wetter hoch emporgeschleudert wird, in Vertiefungen und Spalten zurückbleibt und dort unter Ausscheidung des Salzes verdunstet.

Die Beobachtung dieser natürlichen Vorgänge hat von alters her zur Anlage künstlicher Seesalinen — auch Salzgärten genannt — an solchen Meeresküsten geführt, an denen die Verhältnisse dafür besonders günstige waren. Für die Herstellung ausgedehnter Bassins ist eine größere Küstenebene mit leicht bearbeitbarem Boden erforderlich, ferner muß feiner plastischer Thon vorhanden sein, um die Reservoirs (Salzbeete) mit einer festen und wasserdichten Schicht auszukleiden, auch hier begünstigen hohe Lufttemperatur, regenarme Jahreszeiten und trockene Landwinde die schnelle Verdunstung des Wassers. Bedeutende Fluthöhe erleichtert das Füllen der Behälter; zur Ebbezeit kann die Mutterlauge und etwa angesammeltes Regenwasser in das Meer abgelassen werden; anderenfalls sind einfache Einrichtungen zur Wasserhebung in Gebrauch. Die österreichischen Seesalinen in Istrien, südlich von Triest und die portugiesischen von St. Ubes, deren bedeutende Jahresproduktion von mehr als $2\frac{1}{2}$ Millionen Doppelzentnern namentlich zum Einsalzen von Fischen und Fleisch ausgeführt wird, haben besonderen Ruf; bei Aden in Arabien und im südlichen Teile von Vorderindien sind große derartige Anlagen in Betrieb. Sie bestehen aus einer sehr großen Zahl Bassins, die durch Schleusen in Verbindung stehen und so viel untereinander liegen, daß die Salzsole sie der Reihe nach durchfließt. Bei großen Anlagen kann die Gesamtfläche der Weiher mehr als 1000 ha betragen. Zuerst gelangt das Meerwasser in große tiefere Behälter, in denen eine Klärung, ein Absetzen etwaiger Unreinlichkeiten stattfindet und die zu gleicher Zeit den nötigen Vorrat aufnehmen sollen, sodann wird das Wasser in eine Anzahl flacherer Becken übergeführt, damit auf der verhältnismäßig großen Oberfläche eine lebhafte Verdunstung stattfindet; hier wird die Konzentration so weit getrieben, daß etwa 1 kg Salz in 3,8 kg Wasser enthalten sind, während im Meerwasser ursprünglich 1 kg Salz auf 26 kg Wasser entfallen. Zuletzt tritt die Salzsole in die sehr flachen Krystallisationsbecken ein, in diesen findet nach Eintritt der Sättigung (1 kg Salz auf 2,7 kg Wasser) die Bildung von dünnen Salzhäutchen an der Oberfläche statt, diese werden wiederholt zerteilt und die Salzkrystalle sinken zu Boden. Der letzte Rest der Salzsole, die Mutterlauge, welche die leicht löslichen Magnesiumsalze enthält, wird abgelassen, das Seesalz mittels Holzkrücken an den Rand gezogen und zu Haufen aufgestürzt, damit die darin enthaltene


812. Salzträgerinnen in den Salzgärten an den Küsten des Mittelmeeres.

Mutterlauge, die dem Salz den bitteren, scharfen Geschmack erteilt, ablaufen kann. Trotzdem bleibt im Seesalz immer noch eine erhebliche Menge Magnesiumsalze enthalten, welche dem übrigens in der Farbe selten reinweißen, meistens vielmehr grauen Salze, das auch häufig einen Stich ins Rötliche oder Grünliche hat, die für Aufbewahrung und Transport recht unangenehme Eigenschaft erteilen, die Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen, zu zerfließen und dadurch unansehnlich zu werden. Um diesen für bessere Verwertung störenden Umstand zu beseitigen, werden verschiedene Mittel angewendet. In St. Ubes in Portugal wird das Salz des öfteren umkrystallisiert und durch rechtzeitiges Ablassen der Mutterlauge der Gehalt an Bittersalz von anfänglich 7 auf etwa $1^1/_2$% erniedrigt. In Vorderindien entfernt man aus dem frischen Salze die Mutterlauge durch Zentrifugen



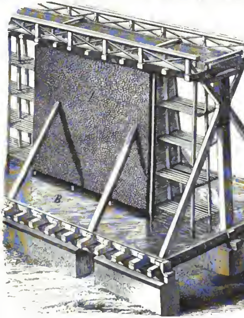
313. Salzgewinnung in den Steppen Transvaals.

(Schleuderapparate), sodann wird dasselbe unter hohem Druck zu Briketts geformt und in paraffiniertes Papier verpackt. Nach dieser Vorbereitung verträgt es längere Aufbewahrung und weiteren Transport sehr gut. In den europäischen Seesalinen findet die Salzgewinnung in der Zeit von April bis Oktober statt, während des übrigen Teiles des Jahres werden lediglich die Anlagen unterhalten. Die Zahl der Arbeiter ist im allgemeinen keine große, nur zur Zeit der Salzernte herrscht eine reges Leben, dann werden Hunderte von Frauen und Kindern beschäftigt, die in Körben und Mulden das fertige Salz in die Aufbewahrungsräume tragen (Abb. 312). Ähnliche Verfahren werden in den Salzsteppen und in der Nähe von Salzseen, z. B. in der Argentinischen Republik, in Transvaal (Abb. 313) angewendet, um das mannigfach verunreinigte Salz durch Umkrystallisieren für den menschlichen Gebrauch zu reinigen.

An den nördlichen Küsten Rußlands benutzt man ein anderes Mittel zur Konzentration des Meerwassers. Läßt man nämlich eine verdünnte Salzlösung zum Teil gefrieren, so enthält das Eis sehr wenig Salz, dagegen bleibt eine salzreichere Lösung

zurück. Durch mehrmalige Anwendung dieses Verfahrens wird die Konzentration so weit getrieben, daß dann ein Versieden in Pfannen mit Vorteil erfolgen kann.

Das Versieden von Salzsole. Ein zweites, nicht minder wichtiges Verfahren der Salzgewinnung besteht darin, daß die an vielen Orten dem Erdinneren entströmenden Salz- oder Solquellen durch Versieden in Pfannen auf Salz (Sudsalz) verarbeitet werden. Zuweilen werden Salzsolen auch durch bergmännischen Betrieb erzeugt, so in den Salzwerken der nördlichen Alpen, woselbst der weiter unten beschriebene Sinkwerksbau seit Jahrhunderten zur Anwendung gelangt, und neuerdings auf den königlich preußischen Salzschächten zu Schönebeck, wo durch ein besonderes Spritzverfahren in der Grube das Steinsalz gelöst und dann als Sole zu Tage gehoben wird.

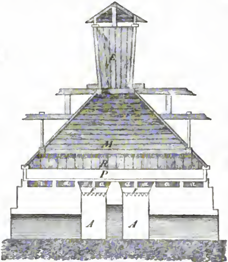


314. Gradierwerk.

An solchen Orten, an denen die natürlichen Solquellen arm an Salz sind, hat man vielfach durch Abteufen von Schächten oder Niederstoßen von Bohrlöchern, unter gleichzeitigem Abschluß der aus oberen Schichten zudringenden süßen Wasser, reichere Sole erhalten, die allerdings in den meisten Fällen durch Pumpbetrieb gehoben werden muß. Die früher vielfach zur Konzentration der Sole verwendeten Gradierwerke (s. Abb. 314) verschwinden immer mehr; dieselben bestehen aus hohen Holzgerüsten, in denen Dornenzweige zu dichten Wänden angeordnet sind. Die Sole wird mittels Pumpen in ein oben der Länge nach verlaufendes Gerinne gehoben, aus diesem in viele feine Strahlen verteilt und fällt in unzähligen Tropfen durch die Dornenwand nieder. Hierbei verdunstet einmal ein großer Teil des überschüssigen Wassers, anderseits scheiden sich die schwerer löslichen Salze, namentlich schwefelsaurer Kalk (Gips) und kohlensaurer Kalk, wenn auch nur teilweise, als Kruste (Dornenstein) an dem Gezweige aus. Unter Umständen wird die Sole mehrmals auf das Gradierwerk gehoben, so daß die Konzentration bis zu etwa 18—20 % Salz fortschreitet.

Solche Gradierwerke werden den Besuchern vieler Solbäder in angenehmer Erinnerung sein; die Kurgäste lustwandeln, durch weite Mäntel gegen die spritzenden Tropfen geschützt, an den Gradierwerken entlang und atmen die salzhaltige Luft zur Stärkung der Atmungsorgane ein.

Der eigentliche Siedeprozeß findet in großen, flachen, meist aus schmiedeeisernen Blechen durch Vernieten hergestellten Pfannen mit 200 und mehr Quadratmetern Bodenfläche statt; sie sind in geräumigen Gebäuden, den **Siedehäusern** (Sudhäusern), in Norddeutschland auch **Salzkoten** genannt, aufgestellt. Die Pfannen werden aus der Soleleitung mit der konzentrierten Sole gefüllt und sind mit Feuerungsanlagen versehen, deren Heizgase in mehreren Zügen unter der Pfanne hin- und herziehen; die letzte Wärme wird, ehe die Gase zur Esse gelangen, zum Trocknen des Salzes verwendet. Abb. 315 zeigt den Querschnitt einer Siedepfanne. Die Pfanne P ist zur Abführung des Wasserdampfes mit einer Dunstesse E und einem Mantel M versehen, dessen unterer Rand R in Teilen aufklappbar ist und zum ersten Abtrocknen des Salzes dient; F sind die Feuerungsroste, a die Züge und A der Aschenfall.



315. Siedepfanne.

Der Siedeprozeß zerfällt gewöhnlich in drei Teile. Zunächst wird die eingelassene Sole zum starken Aufkochen gebracht, dabei scheiden sich etwa vorhandene Kalk- und Eisenverbindungen ab und sinken als gelblicher Schlamm zu Boden; dieser Vorgang heißt das **Stören**. Der Schlamm wird ausgekrückt, und nun beginnt die Ausscheidung reinen Salzes, das sogenannte **Soggen**. Je nachdem die Kristallisation infolge starker oder schwacher Feuerung schnell oder langsam erfolgt, bildet sich feines Speisesalz oder grobes, namentlich für industrielle Zwecke gesuchtes Salz. Ersteres braucht je nach der Tiefe der Pfanne, dem Konzentrationsgrade der Sole, der Stärke der Feuerung 12 bis 24 Stunden, grobes Salz 96 bis 120 Stunden zur Ausscheidung. Ist diese beendet und nur noch wenig Sole vorhanden, so wird zunächst das Salz **ausgekrückt**, zum Abtropfen auf den hochgeschlagenen unteren Rand des Dampfmantels gestürzt und dann die Pfanne von neuem gefüllt. Das Verarbeiten jeder Füllung nennt man ein **Werk**. Je nach dem Gehalt an Magnesiumsalzen muß nach dem Versieden einer größeren Zahl von Werken der Rest der Sole, die sogenannte **Mutterlauge**, entfernt werden, sie wird zum Teil zur Darstellung der in ihr neben wenig Kochsalz verbleibenden Kalium- und Magnesiumsalze verwendet. Namentlich auf den heißesten Teil des Pfannenbodens, in geringerem Maße überall setzt sich eine feste, schwer lösliche Kruste an, sie besteht in der Hauptsache aus Gips, untermischt mit Salzen, und heißt **Pfannenstein**. Dieser wird von Zeit zu Zeit nach Kaltlegen der Pfanne mittels Hammer und Meißel abgelöst, an manchen Orten gemahlen und als Düngemittel verwertet. Das Trocknen des Salzes geschieht auf besonderen Darren unter häufigem Wenden. In Deutschland unterliegt bekanntlich das Speisesalz einer Steuer, diese beträgt 12 Mark auf den Doppelzentner, während der Verkaufspreis des bereits verzollten Salzes im großen etwa 15 Mark erreicht; um jedoch der Industrie und der Landwirtschaft (letzterer für das Vieh) steuerfreies und daher billiges Salz zugänglich zu machen, wird dasselbe für den menschlichen

Genuß ungeeignet gemacht (denaturiert) und zwar durch inniges Vermengen mit $^1/_4$ % Eisenoxyd und $^1/_4$ % gemahlenem Wermut. Ersteres färbt das Salz rötlich, der Wermut erteilt ihm einen bitteren Geschmack, der jedoch das Vieh vom Genusse des Salzes nicht abhält. Die Stätten der Siedesalzgewinnung aus Solquellen sind sehr zahlreich; um einige der bekanntesten zu erwähnen, sei hier an Namen wie Friedrichshall, Schönebeck, Dürrenberg, Halle erinnert.

Unter diesen Orten ist Halle von ganz besonderem Interesse. Die Salzgewinnung ist dort sehr alt, und mitten in dem regen Treiben der modernen Großstadt haben sich mit den Halloren eine große Zahl sorgsam gehüteter Sonderrechte bis auf unsere Tage erhalten. Schon um 800 unter Karl dem Großen sollen die Vorfahren der heutigen Salzsieder, der Halloren, auf dem Raume zwischen dem jetzigen Marktplatz der Stadt Halle und der Saale das Salzsieden betrieben haben, damals in kleinen Pfannen mit geringem Ausbringen. Hal bedeutet in der keltischen Sprache Salz, daher wiederholen sich auch Städtenamen mit der Silbe Hal überall dort, wo die Salzgewinnung zur Gründung von Niederlassungen führte; so finden wir eine der ältesten Ansiedelungen Hallstatt im Salzkammergut, Hallein im Herzogtum Salzburg, Hall in Tirol, Hall in Württemberg und viele andere mehr. Die Halloren sind wohl nicht rein keltischen Stammes, sondern sie sind Vertreter jener Mischung keltischen, slawischen und deutschen Blutes, wie sie überhaupt in der Provinz Sachsen ziemlich allgemein ist; sie waren von Anfang an gelohnte Arbeiter an den Salzpfannen und nannten sich die Salzbrüderschaft im Thale; im Laufe der Jahrhunderte dienten sie verschiedenen Herren, denen die Salzquellen eigen waren, zunächst den Geschlechtern der Stadt Halle, dann den Erzbischöfen von Magdeburg, später dem brandenburgisch-preußischen Staate. Jetzt gehören die Salzquellen mit allem Zubehör einer Gewerkschaft, Pfännerschaft genannt, die Gewerken heißen die Pfänner. Längst sind geräumige Siedehäuser (Salzkoten) auf einer von den Armen der Saale umflossenen Insel errichtet, aber immer noch spendet der alte Quell, der Gutjahrsbrunnen, die Salzsole. Sie wird heute aus 29 m Tiefe durch ein mit Dampf betriebenes Pumpwerk gehoben und durch eine Rohrleitung zur Saline geführt, der Brunnen liefert in der Minute 1 hl Sole mit 18 % Salz. Über dem in unmittelbarer Nähe der Marienkirche gelegenen Brunnen erhebt sich heute ein modernes Wohnhaus, nur die Aufschrift über der Thür verrät dem Fremden, daß hier die Schätze des Bodens gehoben werden; die Maschinen befinden sich im Kellergeschoß. Wenn auch die Halloren nur Arbeiter waren und sind, nicht Besitzer der Salinen, so haben sie doch als solche immer ein gewisses Ansehen genossen, sie selbst haben immer nur die Arbeit an den Salzpfannen, das eigentliche Salzsieden, besorgt — daher nannten sie sich Salzwirker — für die Nebenarbeiten, das Verladen des Salzes auf die Fuhrwerke und in die Schiffe, hatten sie ihre Salzknechte. Bis auf den heutigen Tag sind die alten zunftmäßigen Gewohnheiten bewahrt, auch sind ihnen gewisse Sonderrechte geblieben. Das spricht sich zunächst in der Kleidung aus, die bei festlichen Gelegenheiten, so namentlich beim Maifest und bei der Huldigung vor dem Könige und Kaiser angelegt wird, sie besteht bei den Männern aus einer langen Weste, die bis oben mit silbernen Knöpfen geschlossen ist, einem offen getragenen, bis zu den Knieen reichenden pelzverbrämten Rocke, Kniehosen aus schwarzem Samt, Strümpfen und Schnallenschuhen, dazu als Kopfbedeckung ein eigenartiger Dreimaster mit großer schwarz-weißer Kokarde. Bei der Vorliebe für lebhafte Farben sind die Röcke rot, blau oder violett, wodurch die Eigenartigkeit der Tracht noch mehr hervortritt. Die Mädchen und Frauen erscheinen zum Tanze im Mieder; einen eigenartigen Haarschmuck tragen die Festjungfrauen, einen Kranz aus vergoldeten Gewürznelken, reich mit bunten Bändern geziert. Zum Maifeste fehlt es nicht an einem guten Trunk hallischen Bieres, der den Ehrengästen, den Pfännern und den Beamten in großen Humpen dargereicht wird. Diese eröffnen auch mit den schönsten Mädchen der Halloren den Tanz um den Maibaum.

Doch der besondere Stolz der Halloren sind ihre Beziehungen zum Herrscherhause der Hohenzollern. Nach alter Gewohnheit huldigen sie im festlichen Zuge jedem neuen

Herrscher, und dieser beschenkt sie mit einem Pferde aus dem königlichen Marstalle, auf dem der älteste Hallore feierlich durch die Stadt geleitet wird, sie erhalten ferner einen silbernen Humpen und eine Fahne. Mit freudiger Genugthuung zeigen sie ihre Schätze, die in der St. Moritzkirche aufbewahrt werden. Silberne Pokale gibt es dort in großer Zahl, darunter einige von besonders hohem geschichtlichem Interesse. Die ältesten sind die beiden vom Großen Kurfürsten im Jahre 1681 gestifteten, unter anderen ist der silberne Becher aufbewahrt, den im Jahre 1807 Jerôme Napoleon als König von Westfalen den Halloren stiftete, und auch der Pokal, den König Friedrich Wilhelm III. nach erneuter Huldigung der Halloren seinen wieder mit ihm vereinten Landeskindern im Jahre 1815 widmete. Auch die deutschen Kaiser haben diese alte Sitte geehrt, von Kaiser Wilhelm II. besitzen die Halloren einen hohen silbernen Pokal mit getriebener Arbeit geschmückt und eine prächtige Fahne von schwerer weißer Seide mit reicher Stickerei, auf der einen Seite der preußische Adler, umgeben von einem Lorbeerkranze, auf der anderen der Namenszug des Kaisers in Gold.

Wenngleich die alten Sonderrechte, z. B. der freie Fischfang auf der Saale im Stadtgebiete und der Vogelfang, manche Einschränkung erleiden mußten, so erinnern doch auch heute noch gewisse Gebräuche an diese alten Gewohnheiten. So senden die Halloren in jedem Herbste nicht nur für die Tafel des Kaisers, sondern auch für die Küche jedes Prinzen aus dem Hohenzollernhause ein Schock Lerchen nach Berlin. Als ein besonders hohes Vorrecht schätzen es aber die Halloren, daß es ihnen vergönnt ist, zu Neujahr die Mitglieder des preußischen Königshauses durch drei Abgesandte in ihrer alten Tracht bei der Tafel persönlich beglückwünschen zu dürfen. Sie überreichen dann als Geschenke Hallesche Schlackwürste und eine kunstvolle Pyramide von schimmerndem Halleschen Salze mit Soleiern verziert, dabei sind sie während ihres mehrtägigen Aufenthaltes in der Hauptstadt Gäste des Hofes und kehren jedesmal mit reichen Geschenken für sich und die Brüderschaft in die alte Saalestadt zurück.

In dem Leben und Treiben der in den letzten Jahren ungemein schnell emporgeblühten Stadt Halle treten die Halloren als Salzarbeiter nur selten in die Öffentlichkeit, und wenn der Fremde heute des öfteren Gelegenheit hat, Halloren in ihrer alten Tracht in den Straßen der Stadt zu sehen, so hat dies seinen Grund darin, daß ihnen seit dem Beginn des 18. Jahrhunderts als Nebenverdienst das Amt der Leichenträger übertragen wurde; in schwarzer Gewandung verrichten sie diese Pflicht.

In grauer Vorzeit standen die Halloren an der Wiege der Salzstadt Halle, heute noch bilden sie eine Zunft mit mancherlei Vorrechten. Möge noch lange der Brodem der Siedepfannen aus den Salzkoten am Strande der Saale aufsteigen und der alte Spruch der Halloren in Geltung bleiben:

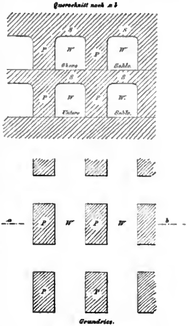
Han wir hüte Water und Holt,
So han wir morne Silber und Gold.*)

Die bergmännische Gewinnung des Steinsalzes. Die bedeutenden Lagerstätten von Steinsalz, welche Deutschland besitzt, sind lange Zeit nur insoweit benutzt worden, als die ihnen auf natürlichem Wege entströmenden Solquellen auf Salz verarbeitet wurden. Mit der fortschreitenden Entwickelung der Tiefbohrtechnik wurden namentlich im zweiten Viertel des Jahrhunderts an vielen Orten Versuche gemacht, durch Niederstoßen von Bohrlöchern reichere Sole als die natürliche zu erlangen. Diese Bemühungen waren vielfach von Erfolg gekrönt; ungleich wichtiger jedoch für die spätere Entwickelung der Salzindustrie war der durch diese Bohrungen erbrachte Nachweis, daß der deutsche Boden fast unerschöpfliche Mengen von Steinsalz in sich birgt. So wurden schon kurz nach 1840 gelegentlich einer durch die preußische Regierung bei Staßfurt ausgeführten Bohrung 325 m im Salz gebohrt, ohne daß man das Liegende erreichte, und damals schon konnte das Vorhandensein bedeutender Mengen von Kali- und Magnesiasalzen nachgewiesen werden. Allerdings dauerte es, was für die damaligen Verhältnisse

*) Haben wir heute Wasser und Holz,
So haben wir morgen Silber und Gold.

nicht verwunderlich ist, noch fast ein Jahrzehnt, ehe das erste Unternehmen zur bergmännischen Gewinnung des Stücksalzes zu Staßfurt ins Leben gerufen wurde, und ein weiteres Jahrzehnt verging, bis in den Jahren 1860 und 1861 die ersten Versuche gemacht wurden, Chlorkalium in großen Mengen darzustellen. Dann aber schwang sich die deutsche Salzindustrie ungemein rasch zu ihrer heutigen Bedeutung empor (vergl. die Produktionstabellen S. 259 u. 279).

Die Technik des Salzbergbaues hat zuweilen mit Schwierigkeiten wegen des Wassers zu kämpfen, schon beim Niederbringen der Schächte machte früher die Wasserführung des Deckgebirges einigen Unternehmungen viel zu schaffen. Die neueren Methoden für die Herstellung wasserdichter Schächte auch in sehr wasserreichem Gebirge (vergl. S. 117) lassen derartige Verhältnisse jetzt mit Sicherheit überwinden, allerdings unter Aufwendung entsprechender Geldmittel. Eine weitere Gefahr entsteht dann, wenn durch den Abbaubetrieb die das Salzlager umgebenden wasserdichten Thonschichten verletzt werden und süßes Wasser in die Baue einbricht. Letzterer Möglichkeit sucht man thunlichst vorzubeugen durch Stehenlassen starker Pfeiler beim Weitungsbau und durch Ausfüllen der entstandenen Hohlräume mittels Versatz. Die Abbaumethode ist fast überall angenähert die gleiche, es wird das Salz herausgehauen, so daß große gewölbte Hallen W (Weitungen genannt) entstehen, zwischen denselben beläßt man starke Pfeiler P von Salz, um die Decke zu stützen (vergl. Abb. 316). Dieser Bau wird thunlichst regelmäßig ausgeführt, so daß die Pfeiler zwischen den Weitungen reihenweise in gleichen Abständen stehen. Ist das Salz in einer Sohle abgebaut, so wird eine tiefer gelegene in Angriff genommen, es kommt dann Pfeiler unter Pfeiler und Weitung unter Weitung zu liegen, zwischen der Firste der unteren und der Sohle der oberen Weitung bleiben ebenfalls einige Meter Salz stehen, die sogenannten Schweben S. Im Steinsalz halten sich erfahrungsgemäß derartige Weitungen jahrzehntelang unverändert, die weicheren und zum Teil zur Wasseraufnahme geneigten Kali- und Magnesiasalze sind auf die Dauer nicht so standfest, dazu kommt, daß die wertvolleren von diesen Salzen vollständig abgebaut werden. Die ausgehauenen Räume füllt man in diesem Falle, damit das Gebirge nicht in Bewegung kommt, mit Steinsalz, das in besonderen Bergemühlen beschafft wird, dicht wieder aus. Wird diese Vorsicht nicht angewendet, so kommt, wie schon oben angedeutet, das Gebirge in Bewegung, der hangende Thon wird klüftig und die Wasser des Deckgebirges brechen ein. Das Werk ist dann in den meisten Fällen verloren, denn das süße Wasser löst die bis dahin unversehrt gebliebenen Pfeiler auf und das Deckgebirge kommt immer mehr in Bewegung. Die Geschichte des Salzbergbaues verzeichnet mehrere solche Fälle, so bei dem königlich württembergischen Salzwerke Friedrichshall und bei den Kaliwerken zu Westeregeln und Aschersleben.

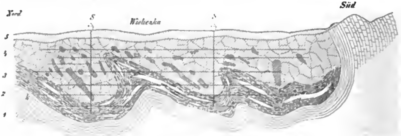


316. Weitungsbau im Steinsalz.

Der Weitungsbau im Steinsalz ist unstreitig die imponierendste bergmännische Abbaumethode, so kommt es, daß gerade die unterirdischen Räume der Steinsalzbergwerke, deren schneeweiße Wandungen das Licht vielfach gebrochen zurückwerfen, häufig von Fremden besucht werden; ja daß einzelne Werke z. B. Wieliczka, südöstlich von Krakau,

der alten Hauptstadt Polens, gelegen, seit Jahrzehnten für derartige Massenbesuche bestens eingerichtet sind und ihren Wohlfahrtseinrichtungen und Unterstützungskassen durch die Eintrittsgelder sehr namhafte Beträge zuführen.

Wieliczka ist ein Städtchen von 6000 Einwohnern, das seine Entstehung jedenfalls dem Salzvorkommen unmittelbar verdankt, denn der Name dürfte von wielka sol, was so viel wie großes Salz bedeutet, abzuleiten sein. Der Salzbergbau ist dort sehr alt, er wird bereits im Jahre 1044 in einem Salzprivilegium des Königs Kasimir I. von Polen erwähnt, später wurde die Stadt von den polnischen Königen stets als besonders wertvoller Besitz betrachtet und mit vielen Rechten ausgestattet. Auch die Technik des Bergbaues hat sich hier zeitig entwickelt, schon im Beginne des 15. Jahrhunderts werden für die Salzförderung in den Schächten Treträder erbaut, und zu einer Zeit, als die Markscheidekunde erst in ihren Anfängen bekannt war, wird bereits ein großer Riß des Salzwerkes erwähnt, der auch unter dem eigenartigen, aber die in Wieliczka übliche Abbauweise sehr gut kennzeichnenden Titel „Filum Ariadnae in Labyrintho“ (d. h. Der Ariadne-Faden im Labyrinth) veröffentlicht wurde. Es ist thatsächlich für den Uneingeweihten unmöglich, sich in den vielen Hallen und den sie verbindenden Gängen ohne fachkundige Führung zurecht zu finden.



317. Ideelles Profil durch das Salzwerk Wieliczka. Nach Paul.

Die Salzformation Wieliczkas gehört ebenso wie die zahlreichen Salzvorkommen Galiziens, Ungarns und Siebenbürgens dem jüngeren Tertiär an und liegt auf dem weithin sich erstreckenden Karpathensandsteine (siehe Abb. 317), doch ist die Lagerung mehrfach gestört, das Salzgebirge ist stark gefaltet, und die Salzlagerstätten sind namentlich im höher gelegenen Teile des Gebirges außerordentlich zerstückelt. Unter den die Oberfläche bildenden Thonen und Sanden (5) findet sich Salzthon (4), in dem unregelmäßig begrenzte (also stockförmige) Massen von grünlich-grauem Steinsalze, oder **Grünsalz** — im Profil stark schraffiert — genannt, angetroffen werden, sie haben zum Teil sehr große Ausdehnung, in ihnen sind jene Hallen ausgearbeitet, die das berechtigte Erstaunen der Besucher wachrufen. Es folgen wieder Lagen von Salzthon und Anhydrid, dann die bis 20 m mächtigen Schichten des **Spizasalzes**, weiß und feinkörnig, hierunter liegen ebenfalls in Salzthon und Anhydrid gebettet 2—5, selten 8 m mächtige Schichten des grobkörnigen zum Teil grauen **Schibiker Salzes**, im Liegenden desselben trennt eine mächtige Salzthonlage das Salzgebirge von dem Karpathensandstein. Die das im Profil weiß belassene Spiza- und Schibikersalz umschließenden Salzthon- und Anhydridschichten sind mit (3) bezeichnet, die oberen Schichten des Karpathensandsteines (2) sind zersetzt und wasserführend, darunter erst findet sich fester Sandstein (1). Es werden also drei Salzgruppen unterschieden, außerdem kommt auch wasserhelles Salz, allerdings in geringen Mengen, meistens als Kluftausfüllung vor, es wird zu mancherlei kleinen Gegenständen verarbeitet, die den Besuchern des Städtchens als wohlfeile Reiseandenken willkommen sind.

Die Salzlagerstätte ist durch acht jetzt noch in Betrieb stehende Schächte erschlossen, während eine Anzahl bereits außer Betrieb gesetzt ist; von den ersteren sind die wichtigsten die Hauptförder- und Wasserhaltungsschächte **Kaiser Franz Joseph**, **Kaiserin**

Elisabeth und Kaiser Joseph, dieser ist mit 300 m der tiefste Schacht. Der Mannschaftsfahrung dienen der Schacht Kaiser Franz (Franziseck), er ist mit einer bequemen Wendeltreppe versehen, auf der man jedoch nur bis auf die erste Sohle gelangen kann, und der Schacht Kronprinz Rudolf, mit Fahrstuhlbetrieb eingerichtet; in diesen zuletzt genannten beiden Schächten fahren auch die Fremden ein und aus. Außerdem ist ein besonderer Schacht vorhanden, um die Pferde in die Tiefe zu befördern, auch gibt es noch einige Luft- und Hilfsschächte. Die Baue verteilen sich auf sieben untereinander liegende Hauptsohlen: 1. Bono in 58 m Tiefe, 2. August in 84 m Tiefe (Franz in 103 m Tiefe, ist Zwischensohle), 3. Albrecht in 130 m Tiefe, 4. Rittinger in 170 m Tiefe, 5. Haus Österreich in 199 m Tiefe, 6. Unterhaus Österreich in 227 m Tiefe und 7. Layer in 256 m Tiefe.


318. St. Antoninskapelle im Salzbergwerk Wieliczka.

Die Gewinnung des Salzes geschieht zum Teil mit der Keilhaue, zum Teil durch Sprengarbeit mit Schwarzpulver, das Stücksalz wird in von Pferden gezogenen Wagenzügen zu den Schächten und in diesen zu Tage gefördert, es wird entweder in dieser Form oder gemahlen verkauft. Während man jahrhundertelang die Grünsalzmassen in den hangenden Schichten abgebaut hat, bewegt sich die Gewinnung jetzt in den tiefen Sohlen, wo vorwiegend das Spiza- und Schibikersalz — im Profil weiß gelassen — gewonnen wird. Da der Abbau unmittelbar unter der Stadt Wieliczka und zwar in einer Längenausdehnung von 3600 m und einer Breite von 800 m stattfindet, so muß derselbe unter Belassung genügender Pfeiler erfolgen, die ein Zusammenbrechen der Hohlräume verhüten. Diese stehen denn auch in der Regel ausgezeichnet, und dort, wo sich Bewegung im Gebirge zeigt, wird starker Ausbau in Holz angewendet, der durch das Salz sehr gut erhalten wird. Von der Ausdehnung und labyrinthartigen Verzweigung der Baue geben die folgenden Zahlen den besten Begriff: Es ist zur Zeit noch die beträchtliche Länge von 105 km an Strecken zugänglich, und die Länge sämtlicher Bahnen in der Grube beträgt über 35 km. In den letzten 125 Jahren sollen 3 Mill. cbm Salz gefördert worden sein.

Die Salzlagerstätten Wieliczkas sind von wasserdichten Thonschichten umgeben, es ist die Aufgabe des Bergmannes, diesen natürlichen Schutz unverletzt zu erhalten. Aber

auch Wieliczka hat seine Wassereinbrüche gehabt, welche eine Folge der früher mangelhaften Kenntnis des Gebirgsbaues waren. Im Jahre 1868 untersuchte man im fünften Horizonte, Haus Österreich, das Gebirge in nördlicher Richtung (k im Profil), als völlig unvermutet Wasser einbrach, das mit Thon und Sand gemischt war. Die Wassermengen waren sehr bedeutende, und da man auf deren Hebung durchaus nicht vorbereitet war, so füllten sich die sämtlichen Baue der tiefen Sohlen mit Wasser und Schlamm an. Zum Glück verstopfte sich nach einiger Zeit durch die mitgeführten Bodenmassen die Einbruchstelle von selbst. Es bedurfte des Einbaues sehr kräftiger Wasserhebungsmaschinen und angestrengtester Arbeit, um die überschwemmten Baue, soweit es der Betrieb erforderte, wieder zugänglich zu machen. Die süßen Wasser lösten natürlich entsprechende Mengen von Salz, namentlich, da sich in den Bauen viel Kleinsalz befand, das bei der früher üblichen Herstellung des Stücksalzes von bestimmtem Gewicht (40 oder 28 kg) in der Grube zurückgelassen war. — Im Jahre 1879 fand an derselben Stelle ein nochmaliger Wassereinbruch statt, da jedoch die Wasserhebungsmaschinen in gutem Zustande erhalten waren, so ließen sich die Folgen leicht beheben, trotzdem zeitweise 4—6 cbm Wasser in einer Minute zugeflossen waren. Die Zugänge verstopften sich auch diesmal von selbst. Jetzt sind die gesamten Wasserzuflüsse äußerst gering, sie betragen nur etwa 1,5 cbm in der Stunde.



319. Salzbergwerk Wieliczka: Abbaukammer Michalowice.

Um die Sehenswürdigkeiten des Salzwerkes kennen zu lernen, nehmen wir an einer der Fremdenbefahrungen teil, die unter sachgemäßer Führung an mehreren Wochentagen stattfinden. Das Programm ist nach Höhe des von der betreffenden Gruppe gewählten Tarifpreises etwas verschieden, namentlich was den Aufwand an Beleuchtung betrifft. Wir versehen uns mit langen Leinwandmänteln und Schachtmützen, die von der Grube verabfolgt werden, und fahren dann entweder mit dem Fahrstuhl, der auf zwei Etagen im ganzen zehn Personen faßt, im Rudolfschachte ein, oder wir benutzen die bequemen Treppen im Franzschachte, um bis auf die erste Sohle zu gelangen. Wenige Schritte führen uns durch erhellte Gänge zur Antoniuskapelle (Abb. 318), sie ist 7,5 m lang, 6 m breit und 5,5 m hoch und wurde um 1698 in einer Grünsalzmasse ausgehauen, die Säulen und Figuren sind nicht in den Raum hineingebaut, sondern blieben bei Herstellung der Kapelle stehen. Die gewölbte Decke wird von gedrungenen Säulen getragen, den Hintergrund des Hauptaltares



320. Salzbergwerk Wieliczka: Abbaukammer Drozdowice.



321. Abbaukammer „Bahnhof Graf Goluchowski" im Salzbergwerk Wieliczka.

bildet eine Darstellung des Heilandes am Kreuze, unter welchem Maria den Christusknaben dem heiligen Antonius übergibt; neben dem Altare haben in besonderen Nischen die Figuren des heiligen Clemens und Stanislaus ihre Stelle erhalten, auch die beiden an den Stufen des Altares knieenden Mönche sind aus dem anstehenden Salze herausgearbeitet. In Nebenaltären, die auf unserer Darstellung nicht sichtbar sind, befindet sich ein zweites Kruzifix mit den Gestalten der Maria Magdalena und des Johannes, ferner Statuen des heiligen Kasimir und Franciscus. Auch die Bildsäule des zur Zeit der Entstehung der Kapelle regierenden Königs August des Starken ist vorhanden, sowie eine Kanzel, an welcher die Apostel Petrus und Paulus dargestellt sind. Früher wurde hier täglich eine heilige Messe gelesen, jetzt findet nur bei besonderen feierlichen Gelegenheiten Gottesdienst statt. Die Skulpturen haben allerdings in den zwei Jahrhunderten durch die Feuchtigkeit etwas gelitten, das Ganze macht aber auch jetzt noch einen erhebenden feierlichen Eindruck.

Die verschiedenen Gruppen der Besucher versammeln sich dann in der nahe gelegenen geräumigen Kammer Ursula, welche nur durch großartige Mauerung zur Stützung der Decke von Interesse ist, von hier ab sind die Räume, die wir betreten, so groß, daß bis zu 200 Besucher auf einmal geführt werden können. Auf gut erleuchteten Treppen, deren Stufen zum Teil noch aus Salz bestehen, zum Teil in Holz erbaut sind, steigen wir dann, begleitet von den Klängen der Bergkapelle, in eine der größten und imponierendsten Kammern hinab „Michalovice" (Abb. 319), sie ist in der Zeit von 1717—1761 durch Salzgewinnung hergestellt und hat bei einem Rauminhalte von 23 000 cbm 36 m Höhe, 18 m Breite und 28 m Länge. Von der Decke hängt ein gewaltiger mit Krystallsalz verzierter Kronleuchter herab von fast 6 m Höhe, an dem 200 Kerzen erstrahlen. Eine große Menge an den Wänden angebrachter Lichter und bengalische Flammen sind nötig, um den weiten Raum genügend zu erleuchten. Die großartige Zimmerung, welche aus kräftigen Pfeilern und Verstrebungen bestehend im Jahre 1871 zur Stützung der Salzdecke eingebaut wurde, läßt die Ausdehnung des Raumes noch deutlicher hervortreten. In der benachbarten Kammer Kaiser Franz sind zum Andenken an den Besuch des Kaiserpaares Franz I. und Karoline im Jahre 1817 zwei mit hierauf bezüglichen Inschriften versehene mächtige Salzpyramiden errichtet. Eine Brücke, welche auf der Verzimmerung einer weiteren Kammer durch deren halbe Höhe hindurchführt, dann mehrere Gänge und Treppen, sämtlich in festlicher Beleuchtung führen zur Abbaukammer Drozdowice (Abb. 320), welche bei 28 m Höhe völlig frei dasteht und an ihren Wandungen mannigfache Spuren (links in der Abb.) der Salzgewinnung zeigt. Sie wurde um die Zeit 1740—1750 hergestellt und nach dem damaligen Krakauer Burggrafen Alexander von Drosdowic-Drozdowski benannt. Auf dem weiteren Wege gelangen wir an mehreren Transparenten mit bergmännischen Bildern und einigen Skulpturen vorüber, unter denen ein Erzengel Michael vom Jahre 1691 besondere Erwähnung verdient, zum Bahnhof Graf Goluchowski, eine Kammer von 51 m Länge, 20 m Breite und 16 m Höhe, die in der Nähe der Hauptförderschächte liegt und daher den Endpunkt für die Förderung bildete; sie ist (Abb. 321) zu einem ansprechenden außerordentlich reich erleuchteten Erfrischungsraume eingerichtet, in dem an einem Büffett Speisen und Getränke in reicher Auswahl zur Verfügung stehen, die Halle bietet für 400 Personen Sitzplätze. Nicht nur der erste Teil der Wanderung war anstrengend, sondern bei der weiteren Fortsetzung derselben werden noch erhebliche Ansprüche an die Ausdauer der Besucher gestellt. Ermüdete können übrigens hier die Besichtigung unterbrechen und ausfahren.

Auf unserer weiteren Befahrung nimmt namentlich die Kammer Steinhauser unser Interesse in Anspruch, sie hat 35 m Höhe und 25 000 cbm Inhalt. Unter der romantischen Programmnummer „Höllenfahrt" (s. Abb. 322) wird den Besuchern hier die alte, jetzt verlassene Art der Ein- und Ausfahrt der Mannschaft vorgeführt. Am Ende eines kräftigen Seiles befinden sich 6 Schlingen, in diesen sitzen die Bergleute mit Lichtern oder Fackeln in den Händen. Während sie durch den freien Raum der Halle aufwärts schweben, ertönt ein bergmännisches Lied, der Gesang hallt geisterhaft wieder in dem weiten gewölbten Raume, der Schein der Lichter wird kleiner und kleiner, bis die Knappen



322. Einfahrt auf dem Seile in das Salzbergwerk Wieliczka.

in einem Schachte, der von oben her in die Weitung mündet, verschwinden. Da wird plötzlich die tiefe Ruhe und die Finsternis, die uns umgeben, unterbrochen durch zischende Raketen und knatternde Schwärmer, während gleichzeitig Buntfeuer den weiten Raum bis in die äußersten Ecken erhellt; abwechselnd steigen Garben von Leuchtkugeln empor und gewaltige Feuerräder streuen ihren farbenprächtigen Funkenregen aus.

Über mehrere Treppen und durch weitere Kammern erreichen wir dann den unterirdischen See in den beiden Grotten Kronprinzessin Stefanie und Kronprinz Rudolf, eine 10 m starke Salzmasse, die beide trennt, ist mittels eines Tunnels durchbrochen. Ein geräumiges Boot führt die Besucher über das unterirdische Gewässer an der aus Salz gehauenen Statue des Johann von Nepomuk vorüber; die überreiche Beleuchtung und Gruppen von Tannen, welche bedeckt mit glitzernden Salznadeln die Ufer des Sees umrahmen und sich im Wasser spiegeln, dazu die getragenen Weisen der Musik lassen uns glauben, daß wir uns im Feenlande befinden.

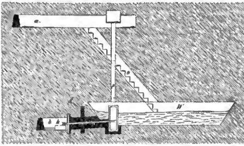
Der Endpunkt unserer Wanderung ist die geräumige, zu einem Tanzsaale umgewandelte Kammer Letow, 6 große Kronleuchter erhellen den geschmackvoll ausgestatteten Raum; am Eingange stehen links und rechts die Statuen des Vulkan und Neptun, der Götter, welche die Herrschaft in diesem unterirdischen Reiche führen, an der gegenüberliegenden Wand befindet sich ein großes Transparent, die Gestalt der Austria darstellend mit der Inschrift „Durch Wissen und Arbeit zu Reichtum und Macht“. Eine Galerie, welche sich in halber Höhe an den Wänden entlang zieht, bietet Platz für die Musik und Zuschauer bei festlichen Anlässen.

Von hier aus erfolgt die Ausfahrt je nach Wunsch im Treppenschachte oder gruppenweise mit dem Fahrstuhl des Rudolfschachtes. Zwar begrüßen wir freudig das Tageslicht, aber wenn wir von seinem Glanze geblendet die Augen schließen, so glauben wir wieder jene märchenhaften Bilder zu sehen, die das Salzwerk in seinen Tiefen birgt. Leider ist die Wirklichkeit im Orte Wieliczka nicht schön genug, um zu längerem Verweilen einzuladen, wir ziehen es daher vor, noch an demselben Tage nach Krakau zurückzukehren.

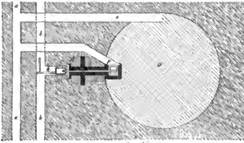
Neben der Gewinnung des Stücksalzes, welches meistens durch andere Mineralien, wie Gips, Anhydrit, etwas Polyhalit und dergl. verunreinigt ist und deshalb in Deutschland fast nur für Zwecke der chemischen Industrie Verwendung findet, kann auch die Beschaffung der Salzsole, aus der Speisesalz hergestellt wird, durch bergmännischen unterirdischen Betrieb, den Sinkwerksbau, erfolgen.

Diese Betriebsweise, welche in den unreinen Salzlagerstätten der nördlichen Kalkalpen entwickelt ist, führt uns in die landschaftlich so herrliche Bergwelt von Aussee, Hallstatt und Ischl im österreichischen Salzkammergut, von Hallein im Salzburgischen, Berchtesgaden in Oberbayern und nach Hall in Tirol. Die Salzlagerstätten sind an allen diesen Orten einander sehr ähnlich, und der Betrieb ist der gleiche, wir wollen daher nur einen dieser Bergbaue näher betrachten und zwar Berchtesgaden, einmal, weil es auf deutschem Gebiete liegt, dann auch deshalb, weil das prächtige Thal der Königseeer Ache alljährlich von vielen Tausenden von Fremden besucht wird, die gern auch nach dem Salzberge ihre Schritte lenken und eine Anfahrt wagen. Die Beschreibung dieses Salzbergbaues dürfte manche lieben Erinnerungen wachrufen und doch dem Leser einiges bieten, was er dort bei flüchtigem Besuche nicht gesehen hat, denn wir wollen nicht nur die sogenannte Fremdentour machen, sondern uns auch die Arbeitsräume und den technischen Betrieb ansehen. Die Salzablagerung hat unregelmäßig stockförmige Form und trägt die Spuren starker nachträglicher Veränderungen in sich, die jedenfalls mit der Bildung der Alpen zusammenhängen. Wir finden nicht, wie beim Steinsalzbergbau zu Staßfurt und an anderen Orten, annähernd wagerechte Schichten der verschiedenen Salze von Salzthon und Anhydrit überlagert, sondern ein wirres, unregelmäßiges Durcheinander gefalteter, überkippter, zerstückelter, ja manchmal fast durcheinander gekneteter Massen. Eine Riesenbreccie nennt nicht mit Unrecht der österreichische k. k. Oberbergrat Aigner, der uns den bergmännischen Betrieb in den nordalpinen Salzbergen eingehend geschildert hat, diese Ablagerungen. Dabei sind die Salzmassen nicht rein, sondern vielfach mit Salzthon,

Polyhalit, Anhydrit und einem demselben chemisch nahestehenden Mineral, Muriacit, untermengt, so daß eine Gewinnung von reinem Steinsalz durch Sprengarbeit nur selten durchführbar ist, der ganze Salzstock enthält ungefähr in 100 cbm Gebirge 60 cbm Steinsalz, also mehr als $^1/_3$ fremde Bestandteile. Dieses sind die Gründe, weshalb jene eigenartige Abbauweise, der Sinkwerksbau stattfindet, die in einem künstlichen Auslaugen des Gebirges durch Wasser und in dem darauffolgenden Versieden der so gewonnenen Salzsole zu krystallinischem Speisesalz besteht. Die Auflösung des Gebirges muß hierbei in sorgfältiger Weise überwacht und geleitet werden, damit bei möglichst hohem Salzausbringen die übrigen Baue — denn alle sind ja in mehr oder weniger löslichem Gebirge ausgeführt — nicht gefährdet werden. Die Abb. 323 u. 324 zeigen uns die Anlage eines Sinkwerkes. Es sind zwei Stollen (dort Schachtricht genannt) vorhanden, auf dem oberen a wird in Röhren süßes Wasser zugeführt, während der untere b dazu dient, um zeitweilig die Salzsole ebenfalls in Röhren abzuleiten. Es wird nun, um das Sinkwerk einzurichten, von dem unteren Stollen aus eine Strecke k vorgetrieben und von ihr aus ein kreisförmiger 2 m hoher Raum von etwa 20 bis 60 m Durchmesser im festen Salzgebirge, das eigentliche Werk W, ausgesprengt. Dann werden von dem oberen Stollen her zwei Zugänge, der eine mittels senkrechten Schächtchens p, der andere mittels einer geneigten Strecke s hergestellt. Von diesen dient der senkrechte Schacht, der übrigens die Benennung Pütte vom lateinischen „puteus“, Brunnen trägt, zur Vornahme von Arbeiten an den Ablaßvorrichtungen, während die geneigte Strecke zur Zuführung des süßen Wassers und zur Beobachtung der fortschreitenden Auflösung des Gebirges benutzt wird. Die untere Strecke k wird, nachdem die Arbeiten soweit ausgeführt sind, durch einen Damm d verschlossen, der durch Feststampfen von Salzthon (Laist genannt) hergestellt wird, und in den die zum Ablassen der Sole dienenden Rohre eingelegt werden. Nun ist das Sinkwerk in der Hauptsache fertig, um mit der Solenerzeugung oder Wässerung zu beginnen. Der Werksraum W wird so weit mit Wasser gefüllt, daß es bis an die obere Fläche (den Himmel) reicht, und es beginnt die Auflösung der Salze. Neben dem Steinsalz lösen sich auch die anderen im Salzgebirge enthaltenen Salze, namentlich Polyhalit mit auf, dagegen sinkt als nicht löslicher Bestandteil der Salzthon im Wasser nieder, hierdurch wird der Boden des Werksraumes vor der Auflösung durch das Wasser geschützt, und dieses wirkt namentlich oben lösend. Man beläßt das Wasser so lange im Werke, bis in jedem Liter etwa 0,3 kg Salze gelöst sind oder die Sole etwa 28 % Salz enthält; in Wirklichkeit würde das Wasser 32 % lösen können, doch die Auflösung der letzten Salzteile erfolgt einerseits sehr langsam, anderseits werden, je länger die Sole im Werke bleibt,



Querschnitt



Grundriss.

323 u. 324. **Der Sinkwerksbau in den nördlichen Kalkalpen.**

neben dem Steinsalz desto mehr andere Salze gelöst. Die fertige Sole wird abgelassen und zur Saline geleitet, darauf kann die zweite Füllung des Werkes mit Wasser vorgenommen werden. Die Auflösung des Salzes findet außer an der Decke auch beständig an dem Umfange des Werkes statt, infolgedessen wird die Himmelsfläche immer größer, auch verliert sich die ursprünglich regelmäßige Umgrenzung, weil salzreichere Gebirgsmassen sich leichter auflösen, als thonreiche. Das Werk muß verlassen werden, wenn die Decke sich nicht mehr trägt und zusammenzubrechen droht. In jedem Salzberge steht eine größere Zahl von Werken im Betriebe, daneben wird wohl auch etwas Steinsalz durch Sprengarbeit gewonnen. Wir wollten vor der Anfahrt den Leser mit diesem Sinkwerksbau vertraut machen, denn nunmehr wird der Hauptanziehungspunkt der Befahrung, der unterirdische See seine technische Erklärung finden, es ist ein nicht ganz gefülltes Sinkwerk.

Vom Orte Berchtesgaden machen wir uns mit unseren Damen auf den Weg, der vom Schlosse die Straße abwärts, am sonst so verlockenden Hof-Bräuhaus vorbei, dann über die Ache und durch eine schattige Allee zum Bergwerk führt. Die schönen massiven Verwaltungsgebäude sind unmittelbar am rechten Ufer des klaren Flüßchens gelegen. Wir lösen die Eintrittskarten und erhalten dafür saubere bergmännische Kleidung und ein Grubenlicht für die Befahrung. Die Damen ziehen sich zum Umkleiden in besondere Räume zurück und erscheinen dann im schmucken Phantasiekostüm mit Schachthut, Kittel, Leder und weiten weißen Beinkleidern. Schon vor diesem feierlichen Augenblick hat fröhliches Lachen uns bewiesen, daß das Knappengewand auch den Beifall der Damen hat, und bei der dann folgenden Begrüßung nehmen auch wir recht gern an der Fröhlichkeit teil. Die vorgeschriebene Zahl der Besucher ist bald versammelt, und wir betreten unter sachkundiger Führung den Ferdinandstollen. Nur langsam gewöhnt sich das Auge an das Dunkel der Räume, an den Stollenwänden zeigt sich uns hier und da glitzerndes Salz, dann wieder grauer Salzthon und rötlicher Polyhalit. Wir biegen in eine Seitenstrecke ein und gelangen über eine bequeme Treppe von mehr als 100 Stufen ansteigend in höher gelegene Strecken. Während der Ferdinandstollen zum Teil ausgemauert war, finden wir hier auch Stützung durch Holz. Dann führt der Weg zu einer Rutschbahn, einer der Führer setzt sich zuerst auf den Gleitbaum und erfaßt mittels eines über die Hand gestreiften Schutzleders das seitlich befestigte Seil, an welchem er beim Hinabgleiten die Geschwindigkeit mäßigt. Damen und Herren nehmen in bunter Reihe hinter dem Führer Platz, und nun geht es mit Windeseile abwärts. Die Rutsche verläuft allmählich wagerecht, wir halten mit merklichem Ruck, steigen ab und begeben uns zum unterirdischen See. Rings herum führt für diejenigen, welche die Kahnfahrt nicht lieben, eine gezimmerte Galerie, von der aus Hunderte von kleinen Lampen den Seespiegel und die Salzdecke über demselben, den Himmel des Salzbergmanns, erhellen; der Widerschein der vielen Lichter im Wasser erhöht den Reiz des fesselnden Bildes. Wir wollen uns dem sicheren Kahne anvertrauen, und der Charon des Berges führt uns nach kurzer Rundfahrt an das andere Ufer dieses Gewässers, das sich vom Styx der alten Mythologie insofern zu seinen gunsten unterscheidet, als die Rückkehr zur Oberwelt gern gestattet wird. Nochmals führt der Weg aufwärts, und wir gelangen in den Dom, einen großen saalartigen Raum, aus dem früher besonders reines Steinsalz durch Sprengarbeit gewonnen wurde. Übrigens können wir diese Arbeit auch in der Nähe ansehen, die Bergleute sind gerade dabei, die Sprenglöcher zu bohren, die dann später geladen und gezündet werden, um das rötliche Salz loszusprengen. Wir waren durch eine Strecke etwa in der halben Höhe des Domes auf einen emporenartigen Raum gelangt. Von hier führt eine zweite Rutsche auf den Boden des gut erleuchteten Domes hinab, erst von hier aus können wir die Weite und Höhe des Raumes ganz übersehen. Dann werden wir noch zu einer unterirdischen Kapelle geführt, der alte Bergmannsspruch „Glückauf“ leuchtet uns entgegen, Lichter, welche von rötlichem und gelblichem aber durchscheinendem Salze verdeckt sind, erhellen prächtig den Raum, dessen kleiner Altar ebenso wie die Wände aus Salz bestehen. In der Mitte plätschert ein zierlicher Springbrunnen, doch das perlende Naß ist nicht Wasser, sondern Salzsole; Gläschen zum Kosten stehen bereit. Nun ist der Rundgang beendet und wir gelangen

zum Ferdinandstollen zurück, wo Gefährte eigener Art, wie Abb. 325 eines derselben zeigt, uns erwarten, die sogenannten Wurstwagen. Der Führer handhabt die Bremse, und mit wachsender Geschwindigkeit geht es auf der etwas geneigten Bahn vorwärts. Da, bei einer Wendung des Weges, erblicken wir als kleinen Punkt das Licht des Tages, die Größe des Lichtpunktes wächst mehr und mehr, und plötzlich gelangen wir durch die Stollenöffnung wieder auf die Landstraße, fast geblendet vom herrlichen Sonnenschein. Bei dem Photographen, der unmittelbar am Salzberge seine Werkstatt aufgeschlagen hat, lassen wir zur Erinnerung an die Befahrung noch schnell eine Aufnahme machen, dann aber gehen wir nach dem Umkleiden beim Rückwege nicht am Hofbräu vorüber, sondern spülen den Salzstaub mit kühlem Trunk aus der Kehle.

Die im Berchtesgadener Salzberge erzeugte Sole wird zum Teil in der in unmittelbarer Nähe des Bahnhofes gelegenen Saline — deren Besuch übrigens gern gestattet wird — versotten, zum Teil wird sie in Solenleitungen von im ganzen 142 km



325. Ausfahrt auf dem Wurstwagen.

Länge am Gehänge weitergeführt, um Steigungen zu überwinden und das nötige Gefälle zu erhalten, durch Druckwerke mehrmals gehoben, und gelangt so bis nach Reichenhall, Traunstein und Rosenheim, wo ebenfalls Sudhäuser bestehen.

Doch wir wollen noch kurze Zeit bei der Geschichte des Berchtesgadener Salzbergbaues verweilen. Reste, die auf Bewohner des Thales in vorgeschichtlicher oder römischer Zeit hinweisen, etwa wie in dem österreichischen Hallstatt (vergl. die Einleitung S. 14), sind bis jetzt nicht gefunden worden. Urkundlich erwähnt wird der Berchtesgadener Salzbergbau zuerst um 1150, das Land gehörte damals einem Chorherrenstifte und blieb geistliches Eigentum, von 1560 ab als selbständige Propstei. Wiederholte Streitigkeiten mit dem mächtigen und eifersüchtigen Erzbistum Salzburg festigten allmählich den bayrischen Einfluß, bis die Saline mit sämtlichen Wäldern im Jahre 1795 an Bayern verpfändet wurde. Noch zweimal sollte das Ländchen den Herrn wechseln, 1803—1805 fiel es an Ferdinand von Toscana, 1805—1809 gehörte es zu Österreich und erst im zuletzt genannten Jahre wurde es mit Bayern endgültig vereinigt. Wir haben die Geschichte des Ländchens etwas eingehender mitgeteilt (nach Professor E. Richter in Graz), weil das Salzwerk an jedem der wichtigeren Baue in Form marmorner Gedenktafeln,

welche vom Jahre 1514 bis in die Gegenwart reichen, geschichtliche Kunstdenkmäler besitzt, wie wir sie bei keinem anderen Bergbaue antreffen, zugleich ein Beweis, welch hohes Interesse die Landesfürsten jederzeit an dem Salzbergbau nahmen. Die älteste Tafel vom Jahre 1514 befindet sich am Peterbergstollen und stellt Christus am Kreuz, darunter zwei betende Gestalten dar. Bei der nächsten Tafel aus dem Jahre 1559, welche wir in Abb. 326 wiedergeben, finden sich neben Maria mit dem Christusknaben Wappen und Namen des damaligen Propstes Wolfgang Griesstätter und des Bergmeisters Metzenleitner. Es folgen dann eine große Anzahl Tafeln, welche den geistlichen und weltlichen Fürsten, auch Frauen der regierenden Häuser gewidmet sind. Abb. 327 stellt eine der neuesten Gedenktafeln dar, sie wurde zu Ehren der Prinzessin Mathilde von Bayern im Jahre 1853 angebracht.



326. Gedenktafel im Salzwerk Berchtesgaden.

Die Benutzung des Salzes ist eine außerordentlich mannigfaltige. Als Speisesalz wird in Deutschland fast nur Sudsalz verwendet wegen seiner leichten Löslichkeit, dem gefälligen Aussehen und der größeren Reinheit gegenüber dem Steinsalz. Nicht unerheblich sind die Salzmengen, welche mittelbar für die menschliche Nahrung und zwar zum Einsalzen von Fischen und Fleisch, um dieselben auf lange Zeit haltbar zu machen, verbraucht werden. Auch im Gewerbe und in der Industrie findet das Salz vielfach Anwendung. Diese Salzmengen unterliegen, wie schon weiter oben S. 264 bemerkt, nicht der Besteuerung, jedoch wird dieses Salz nach gesetzlicher Vorschrift denaturiert. Es findet außer dem Stücksalz, Lecksteine genannt, Anwendung als Viehsalz, ferner wird es benutzt zur Herstellung von Kältemischungen. Durch Vermischen von Salz mit Schnee oder zerkleinertem Eis, zum Teil unter Zusatz anderer Salze können Temperaturen bis zu — 40° C. erzeugt werden. Auch bei der Beseitigung des Schnees wird in Großstädten zur Aufrechterhaltung des Verkehrs auf den Straßenbahnen viel Salz

verwendet, seine Wirkung beruht darauf, daß Salzlösungen erst bei Temperaturen gefrieren, die erheblich unter dem Nullpunkt liegen.

Außerdem dient das Kochsalz wegen seines **Natriumgehaltes** zur künstlichen Herstellung einer großen Anzahl von Natriumverbindungen, die für unser heutiges Kulturleben von der allergrößten Bedeutung sind, so namentlich der **Soda** (neutrales Natriumkarbonat), des **Glaubersalzes** (neutrales schwefelsaures Natrium) und des **Borax** (saures borsaures Natrium). Auch der **Chlorgehall** des Salzes wird nutzbar gemacht zur Herstellung der Salzsäure und vieler Bleich- und Desinfektionsmittel; die chlorierende Röstung besonders der Silber- und Golderze, welche heule in der Metallurgie eine bedeutsame Rolle spielt, wird mit Hilfe von Kochsalz ausgeführl. Es würde zu weit führen, hier auf alle die verschiedenen Verwendungsarten des Steinsalzes einzugehen. Seine große Bedeutung für unsere Kultur wird am besten durch die jährlich dargestellten Salzmengen erläutert.



327. Gedenktafel im Salzwerk Berchtesgaden.

Die folgende Zusammenstellung gibt nach **Rothwell** ein Anhalten für die Jahresproduktion der wichtigsten in Frage kommenden Länder, und zwar ist die Erzeugung von Steinsalz und Siedesalz zusammengefaßt.

Salzproduktion im Jahre 1895.

	metr. Tonnen
Algier etwa	19 000
Kanada	47 500
Deutschland	1 212 300
Frankreich	1 000 000
Griechenland	22 000
Großbritannien	2 218 000
Italien	29 300
Österreich	279 000
Ostindien etwa	1 000 000
Rußland	1 520 000
Spanien	326 000
Ungarn	169 400
Ver. Staaten Nordamerikas	1 813 000
Summe	9 655 500

im ungefähren Werle von:

158 Millionen Mark.

Zur **Alaundarstellung**, besonders des **Kaliumalauns** (wasserhaltiges schwefelsaures Kalium und Aluminium) wurden früher ausschließlich natürliche Salze verwendet. Diese Industrie ist zurückgegangen, seitdem in den chemischen Fabriken unter Zugrundelegung des Bauxit (natürliches Aluminiumoxydhydrat) und des grönländischen **Kryolith** (siehe S. 197) der „konzentrierte Alaun“ in größeren Mengen hergestellt wird. Zu den Rohstoffen für die Darstellung von Kaliumalaun gehören die natürlichen Alaune, unter denen der **Magnesiaalaun** (**Pickeringit**) am häufigsten sein dürfte; er wird als weißes, faseriges, seidenglänzendes Salz bei Iquique an der regenlosen Westküste Südamerikas gefunden, außerdem kommt er in den Salzseen gelöst vor. — Der **Alunit** oder **Alaunstein** steht in seiner Zusammensetzung dem Kali-Thonerde-Alaun nahe, er entsteht durch Einwirkung der Solfataren (Ausströmungen von schwefelsäurehaltigen Wasserdämpfen) auf feldspatführende Gesteine und erfüllt die Spalten und Klüfte dieser. Berühmt ist ein besonders reiches Vorkommen in der **Tolfa** bei Civita Vecchia. — **Alaun**-

schiefer und Alaunerden sind schwefelkiesreiche Thonschiefer und Thone, welche ebenfalls zur Alaundarstellung dienen, sie sind besonders im Braunkohlengebirge häufig, in Nordböhmen, auch in der Provinz Sachsen. — Schließlich ist hierher noch das Haarsalz (Keramohalit) zu rechnen, ein seidenglänzendes, in haarförmigen Nadeln vorkommendes Mineral, das aus wasserhaltiger schwefelsaurer Thonerde besteht, es kommt nicht selten, aber meistens nur in geringen Mengen vor, große Anhäufungen finden sich zu Adelaide in Neusüdwales, woselbst auch dieses Salz zur Alaundarstellung benutzt wird.

Die genannten Rohstoffe wurden mit Wasser ausgelaugt — der Alaunschiefer unter Umständen nach vorheriger Röstung, um den noch vorhandenen Schwefelkies zu zerlegen — sodann wird unter Zusatz von Kalisalzen ein Krystallisationsprozeß eingeleitet, der nach mehrmaligem Umkrystallisieren Kaliumalaun in Krystallen oder als weißes krystallinisches Pulver ergibt.

Ganz kurz mögen im Anschluß hieran die natürlich vorkommenden Vitriole erwähnt werden, die sich fast nur in Gruben bilden, in denen auf Schwefelkies, Kupferkies und Zinkblende gebaut wird, z. B. im Rammelsberge bei Goslar und zu Bodenmais im Bayrischen Walde. Die sauren Wasser, welche durch die alten Bergeversätze hindurchsickern, lösen daraus Verbindungen des Eisens, Kupfers und Zinks und setzen dieselben, gewöhnlich in Gestalt von Zapfen oder Krusten in wenig benutzten Grubenräumen wieder ab. Namentlich der grüne Eisenvitriol (Melanterit) und der blaue Kupfervitriol (Chalkantit) gewähren beim Scheine des Grubenlichtes einen farbenprächtigen Anblick. Der seltenere Zinkvitriol (Goslarit) ist weiß. — Als mineralogische Seltenheiten finden sich an der Westküste Südamerikas in den Salpeterdistrikten verschiedene schwefelsaure Eisensalze, z. B.: Coquimbit und Copiapit (nach den betreffenden Städten benannt).

Ein sehr wichtiger Zweig der chemischen Industrie, die Darstellung von Soda (wasserhaltiges kohlensaures Natron), beruht auf der Verarbeitung von Kochsalz. Die am häufigsten angewendeten Arbeitsweisen sind erstens das Verfahren von Leblanc, bei welchem durch Behandlung mit Schwefelsäure Natriumsulfat gebildet und durch Zusammenschmelzen mit Kalkstein in Rohsoda verwandelt wird. Ein zweites neueres Verfahren, bei dem mit Hilfe von kohlensaurem Ammoniak die Soda direkt hergestellt wird, heißt Ammoniakprozeß. Die Rohsoda muß verschiedene Reinigungsarbeiten durchmachen, bis sie zur Handelssoda wird und namentlich in der Glas- und Seifenindustrie Verwendung findet.

Wenngleich die bei weitem größten Mengen von Soda, welche die Industrie verbraucht, auf diese Weise erzeugt werden, so sind mit der Zeit immer mehr einerseits die natürlich vorkommenden kohlensauren Verbindungen des Natrons und zwar die natürliche Soda, ferner die Trona (wasserhaltiges anderthalbfach kohlensaures Natron), seltener der Gaylüssit auch Natrocalcit genannt (wasserhaltiges kohlensaures Natrium und Calcium), anderseits aber auch die natürlichen, schwefelsauren Verbindungen, der Mirabilit (Glaubersalz) und der Glauberit, benutzt worden.

Das natürliche Vorkommen der Soda, der Trona und des Gaylüssites ist das gleiche, sie finden sich in den Natronseen. Diese sind in regenarmen heißen Gegenden gelegen und einer sehr starken Verdunstung des Wassers ausgesetzt, in denselben konzentrieren sich daher die durch Flüsse zugeführten Salze immer mehr und scheiden sich dann als Krystalle und Krusten am Ufer und am Boden aus. In Ägypten, Neugranada, Kalifornien und Nevada finden sich solche Seen, meistens liegen sie in trostloser Einöde, der jede Vegetation fehlt. Für die Sodagewinnung dürfte der Owens Lake in Kalifornien am wichtigsten sein, demselben wird durch den Owensfluß jährlich etwa eine Menge von 200 000 t Soda zugeführt, die auf seinem Grunde ausgeschiedene Sodamenge ist auf 40—50 Millionen Tonnen geschätzt worden.

Mirabilit wird das natürliche Glaubersalz (wasserhaltiges, schwefelsaures Natron) genannt. Untergeordnet kommt es in den Salzstöcken der nördlichen Kalkalpen und in manchen Solquellen vor, ferner sind Ablagerungen, zusammen mit anderen Salzen im Thale des Ebro bekannt. Am ausgedehntesten dürften die Lager in Transkaukasien

bei Tiflis und Baku sein, auch haben sie deshalb besonderes Anrecht auf unsere Beachtung, da uns das Kaspische Meer die Erklärung für die Entstehung dieser Salzmassen an die Hand gibt. In der Karabugasbucht am östlichen Ufer des Kaspischen Meeres geht nämlich die Bildung von Mirabilit noch jetzt vor sich. Die Bucht hat bei einer Oberfläche von etwa 17 000 qkm eine nur geringe Tiefe, an den tiefsten Stellen 15 m; durch einen schmalen und seichten Verbindungskanal strömt beständig Wasser aus dem Kaspischen Meere in die Bucht ein. Bei der sehr starken Verdunstung hat sich allmählich der Salzgehalt des Wassers bedeutend angereichert. Es scheint nun zwischen dem Chlornatrium und der schwefelsauren Magnesia eine Umsetzung stattzufinden, die zur Bildung und Ausscheidung von Glaubersalz führt. Weite Flächen des Meeresbodens sind thatsächlich mit einer etwa 0,3 m dicken Schicht Glaubersalz bedeckt. — Außer zur Sodaherstellung wird Glaubersalz wie bekannt als Arzneimittel verwendet.

Der Glauberit, eine Verbindung von wasserhaltigem, schwefelsaurem Natrium und Calcium, findet sich als 10—12 m mächtiges Lager bei Aranjuez in Spanien; es werden jährlich etwa 10000 t durch Weitungsbau, die beim Abbau des Steinsalzes beschriebene Abbaumethode, gewonnen und zur Sodadarstellung verwendet.

Die Rohstoffe für die Salpeterdarstellung sind der natürlich vorkommende Kalisalpeter, der Natron- oder Chilisalpeter, seltener der Kalksalpeter (Nitrocalcit). Salpeter findet sich in der Natur, wenn auch meistens nur in geringen Mengen überall dort, wo verwesende Reste von Pflanzen und Tieren oder die Exkremente der letzeren mit leicht zersetzbaren oder verwitternden Gesteinen in Berührung kommen. So bildet sich am Mauerwerk von Stallungen als Ausblühung der Mauersalpeter, in manchen Höhlen, in denen sich Tierexkremente, z. B. solche der Fledermäuse ansammeln, findet sich der Boden in ausgedehntem Maße von Salpeter durchzogen, so daß dessen Auslaugung lohnend ist, z. B. in Kentucky und anderen Staaten Nordamerikas, in Spanien, auf Ceylon u. s. w. Dort, wo die Salpeterbildung im Boden in größerer Menge vor sich geht, bilden sich Ausblühungen, die zusammengekehrt (Kehrsalpeter) und durch Umkrystallisieren gereinigt werden, z. B. in Ungarn. Ja man ist sogar zur künstlichen Erzeugung des Salpeters auf dem beschriebenen Wege geschritten, indem man in den Salpeterplantagen geeignete Stoffe in Haufen brachte, von Zeit zu Zeit umstach und nach Verlauf einiger Jahre durch Auslaugen den Salpeter gewann.

Die bei weitem größten Mengen von Salpeter liefern jedoch die regenlosen Wüsten am Westfuße der südamerikanischen Kordillere, namentlich die Provinzen Tarapacá, Antofagasta und Atacama; es ist Natronsalpeter, er wird unter der Handelsbezeichnung Chilisalpeter überallhin ausgeführt. In wenigen Metern Tiefe finden sich 0,2 bis 2,2 m mächtige Lager, welche 20 bis 40% Salpeter enthalten, im übrigen aber aus anderen Salzen bestehen; das Rohsalz wird dort Caliche genannt. Im Jahre 1821 wurden die ersten Ablagerungen entdeckt, die eigentliche Ausbeutung begann etwa 1830. Allmählich wurde die Erstreckung der Salpeterzone in nordsüdlicher Richtung über mehr als 150 geographische Meilen festgestellt, doch sind die abbauwürdigen Lager immer nur über einige Kilometer ausgedehnt. Die bekanntesten finden sich am Rio Loa, dem früheren Grenzflusse zwischen Peru und Bolivia, bei Caracoles, und in der Umgebung von Taltal. Die Verarbeitung des Rohsalpeters, die in der Auflösung des Caliche und darauffolgender mehrfacher Krystallisation besteht, wurde durch den Mangel an Wasser außerordentlich erschwert, dennoch nahm die Ausfuhr immer mehr zu, besonders seitdem die Entdeckung der reichen Kalischätze Norddeutschlands die Umwandlung des Natronsalpeters in Kalisalpeter bedeutend erleichterte. Im Jahre 1890 wurden bereits 800 000 t ausgeführt, 1895 1 300 000 t, im letzteren Jahre arbeiteten 74 Salpeterwerke mit 22 500 Arbeitern. Der gesamte Salpeterreichtum jenes Küstengebietes dürfte noch auf viele Jahrzehnte den Weltbedarf decken.

Der Kalisalpeter ist der Hauptbestandteil des Schießpulvers, er wird ferner neben dem daraus hergestellten Ammoniaksalpeter zur Düngung verwendet, außerdem ist der Salpeter das Material für die Herstellung der Salpetersäure, die in der chemischen Industrie eine außerordentlich wichtige Rolle spielt.

Borax und Borsäure. Zu den Salzen gehören auch die Mineralien, aus denen die für viele Zweige der Industrie so wichtigen und in den letzten Jahrzehnten in immer gesteigerten Mengen verbrauchten Stoffe, die Borsäure und der Borax (wasserhaltiges saures borsaures Natron) dargestellt werden. Die Borsäure selbst wird benutzt zur Tränkung der Dochte von Kerzen und auch der Kohlen für elektrotechnische Zwecke, Borsäure löst nämlich die geringen Mengen von Asche, die in den Dochten und in der Kohle vorhanden sind, und führt sie in flüchtige Verbindungen über. Außerdem hat Borsäure fäulniswidrige Eigenschaften und kam früher unter dem Namen Aseptin auf den Markt, sie wird in der Wundbehandlung und zur Konservierung von Nahrungsmitteln verwendet. Hauptsächlich dient sie aber zur Darstellung von reinem Borax. Auf dessen Eigenschaft, Metalloxyde zu lösen, beruht seine Benutzung als Flußmittel und als Löt- und Schweißmittel; der aufgetragene Borax macht die Metallflächen metallisch rein und erleichtert so deren Verbindung. Viele Metalloxyde geben mit Borax einen Schmelzfluß von bestimmter Farbe, Kupfer und Kobalt färben schön blau, lassen sich aber im Reduktionsfeuer leicht unterscheiden, Nickel färbt als Oxyd gelblich bis dunkelrot, Mangan amethystfarben, Eisen färbt als Oxyd gelb, als Oxydul schmutzig grün (flaschengrün), Chrom färbt schön smaragdgrün. Es ist also die Möglichkeit gegeben, durch Schmelzen mit Borax vor dem Lötrohr oder mittels eines Bunsenbrenners scharfe chemische Reaktionen zu erhalten. Aus demselben Grunde und wegen der Leichtflüssigkeit wird Borax in der Glasfabrikation, zur Erzeugung künstlicher Edelsteine und Emails, als Zusatz zur Glasur bei der Thonwarenherstellung verwendet. Anderseits dient Borax als Ersatz von Seife beim Waschen, als Zusatz zur Stärke, um den Glanz auf Geweben zu erhöhen, ferner gibt das borsaure Manganoxydul ein ausgezeichnetes Trockenmittel und dient zur Darstellung von Firnissen aus Öl. Die Art der Verwendung ist also sehr mannigfaltig. Der Preis, welcher früher, als nur Toscana und Indien Borax lieferten, ein sehr hoher war (1850 für 100 kg 180 Mark, 1870 noch 120 Mark), zumal England den Handel monopolisiert hatte, ist, seitdem Kalifornien, Kanada und Peru erhebliche Mengen auf den Markt bringen, bis auf etwa 60 Mark gesunken.

Die Borsäure selbst kommt in vulkanischen Gegenden in den Solfataren (Ausströmungen schwefelhaltiger Dämpfe) und Fumarolen (vorwiegend Wasserdämpfe) gelöst vor, schlägt sich entweder als krystallinisches Mineral, Sassolin genannt, am Gestein nieder, z. B. im Krater der zu den Liparen gehörigen Insel Vulcano, oder löst sich in dem verdichteten Wasser nebst anderen Salzen und kann hieraus gewonnen werden. Hierauf beruht die schon seit dem vorigen Jahrhundert, wenn auch in kleinem Maßstabe erfolgte Darstellung von Borsäure zu Larderello und Sasso in Toscana; man nennt diese Dampfquellen dort Soffioni und die unfruchtbaren Landstriche, auf denen sie in großer Zahl emporbrechen, Maremmen. In der Zeit von 1776—1818 wurde nur das sich in kleinen Tümpeln ansammelnde borsäurehaltige Wasser durch Eindampfen mit den einfachsten Hilfsmitteln verarbeitet, im Jahre 1818 legte der französische Graf Larderel die nach ihm benannte Fabrik an. Doch die Produktion nahm erst dann einen größeren Aufschwung, als man das borsäurehaltige Wasser statt mittels gewöhnlicher Brennstoffe mit Hilfe der Wärme der den Spalten entströmenden Dämpfe verarbeitete; 1846 betrug die Erzeugung schon 1000 t. Weitere Fortschritte wurden dadurch gemacht, daß man über den Spalten, denen die Dämpfe entströmten, künstliche Wasserbecken anlegte, in denen sich die Borsäure anreicherte. Bald dringt aus einem solchen Becken das Wasser in die Spalten ein, dann wieder hebt es der Dampf empor, und dieses Spiel wiederholt sich beständig, bis nach etwa 24 Stunden das Wasser fast kochend ist und mit einem Gehalte von etwa 1 % Borsäure zur Verarbeitung abgelassen und durch frisches Wasser ersetzt wird. Das Versieden und Umkrystallisieren der Flüssigkeit erfolgt in bleiernen Gefäßen. Nach einem Vorschlage des Florentiner Professors Garreri hat man vom Jahre 1854 ab Bohrlöcher bis in das feste Gestein niedergebracht und die Dampfentwickelung hierdurch gesteigert. Die Bohrlochmündungen wurden als kleine Wasserbecken gefaßt, wie bisher die natürlichen Dampfquellen. In den letzten Jahren hat die italienische Produktion an Borsäure etwa 2500 t jährlich betragen.

Gegenüber den anderen borsauren Verbindungen, welche zur Darstellung von Borsäure und Borax dienen, nimmt der **Boracit** eine gesonderte Stellung ein, da er in Wasser nicht löslich ist, also mineralogisch nicht zu den Salzen gerechnet werden kann. Er besteht aus borsaurer Magnesia und Chlormagnesium und hat mit 62 % einen sehr hohen Borsäuregehalt. Die im Gips und Anhydrit z. B. bei Lüneburg und Segeberg vorkommenden bis etwa erbsengroßen Krystalle haben häufig würfelige Form und zeichnen sich durch hohe Härte ($7^1/_2$ der bekannten Härteskala) aus, doch sind sie nur mineralogisch interessant. Außerdem kommen aber in den Abraumsalzen der Staßfurter Gegend und namentlich im Carnallit Knollen von Boracit vor, diese werden, wenn auch in nicht sehr erheblichen Mengen (1894 160 t, 1897 184 t) gewonnen und zur Boraxdarstellung verwendet.

Viel wichtiger und häufiger sind die borsauren Salze, sie kommen an verschiedenen Orten im Wasser der Salzseen gelöst oder in Krusten am Ufer und Boden der Seen vor, auch bilden sie Ausblühungen und Salzkrusten in den Salzsteppen, die als ausgetrocknete Seebecken oder Salzsümpfe zu betrachten sind. Es kommen die folgenden Verbindungen vor: der natürliche **Borax** (**Tinkal**), wasserhaltiges saures borsaures Natrium mit 36 % Borsäure, **Borocalcit** und **Colemanit**, wasserhaltige borsaure Verbindungen des Kalks mit 50 % Borsäure und **Boronatrocalcit** oder **Ulexit**, das Doppelsalz, borsaurer Kalk und borsaures Natron in wechselnden Verhältnissen, mit etwa 45 % Borsäure. Im Boraxsee in Kalifornien in der Nähe der Quecksilbergrube **Sulfurbank** bildet der Borax mit anderen Salzen am Seeboden eine 1,5 m starke Schicht, welche während der wasserreichen Jahreszeit durch Baggern, während der trockenen Jahreszeit durch Graben gewonnen wird; der Borax kommt hier in Krystallen bis zu 7 cm Größe vor. Der größte Teil der Salzmasse muß jedoch in Wasser gelöst und durch Krystallisationsprozesse auf Borax verarbeitet werden. Außerdem finden sich die vorhergenannten Mineralien im **Death-Valley** Kaliforniens und an vielen Punkten des Staates **Nevada** als Ausblühungen und Krusten, ferner in den Seen **Neuschottlands**, **Tibets**, im nördlichen Indien, auch in Ostafrika. Die kalkhaltigen Verbindungen kommen von Peru und Kleinasien aus in den Handel, von dem zuletzt genannten Fundpunkte allein jährlich etwa 8000 t, während die Vereinigten Staaten jährlich etwa 5000 t zu 600 Mark die Tonne herstellen.

Der Steinbruchbetrieb.

Unter Steinbruchbetrieb versteht man die Gewinnung der Gesteine, d. h. jener Mineralien und Mineralgemenge, welche in so großen Massen vorkommen, daß sie einen wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung der festen Erdrinde nehmen. Da der Betrieb ein verhältnismäßig einfacher ist, wenig technische Hilfsmittel erfordert und in den allermeisten Fällen tagebaumäßig erfolgt, so liegt die Überwachung der Steinbrüche den Verwaltungsbehörden ob, nicht den Bergbehörden, selbst in denjenigen selteneren Fällen, in denen unterirdischer Abbau stattfindet, wie z. B. in manchen Kalksteinbrüchen und den Mühlsteinbrüchen im Rheinland.

Als Abbaumethode für den unterirdischen Betrieb wird gewöhnlich der Weitungsbau angewendet, bei einiger Ausdehnung gleichen dann diese Räume einem hochgewölbten vielsäutigen Dome.

Manche dieser unterirdischen Steinbrüche haben eine gewisse Berühmtheit erlangt, sie dienten in bewegten Zeiten als Zufluchts- und Wohnstätten, andere wurden als Begräbnisplätze benutzt. So waren die **Katakomben**, die den ersten Christengemeinden in Italien als Stätten für ihre Versammlungen dienten, in denen heimlicherweise der Gottesdienst abgehalten wurde, ursprünglich nur unterirdische Steinbrüche. Die großartigsten finden sich bei Rom im vulkanischen Tuff und führen den Namen der Katakomben des heiligen Sebastian, die 4—6 m hohen und ebenso breiten Galerien, zwischen denen starke Pfeiler zur Stützung des darüber lagernden Gesteins belassen wurden, ziehen sich stundenweit hin. Auch in der Gegend von Neapel findet man Katakomben, die **Labyrinthe**

von Syrakus und Kreta, die Tempel von Elephante sind andere bekannte Beispiele unterirdischer Steinbruchsarbeiten des Altertums.

Die Pariser Katakomben, die am Ende des vorigen Jahrhunderts als Begräbnisstätten dienten, sind verhältnismäßig neueren Ursprungs.

Außer Kalkstein und Kalktuff werden auch heute noch Gips, Dachschiefer, Traß und Puzzolane zuweilen unterirdisch gewonnen.

Die Gesteine sind Eigentum des Grundbesitzers, nicht wie fast überall die Erze, in manchen Ländern auch Kohlen und Salze von dessen Verfügungsrecht ausgeschlossen. In dieser Beziehung sind ihnen gewisse nutzbare Mineralien gleichgestellt, die entweder Gemengteile von Gesteinen bilden, wie Asbest, Glimmer und Feldspat, oder die auf besonderen Lagerstätten vorkommen, wie Schwerspat, Flußspat und Strontianit, es wird ihre Gewinnung daher rechtlich ebenso wie diejenige der Gesteine behandelt. Wir fügen sie deshalb dem Abschnitte Steinbruchbetrieb an. Ihre Erzeugung findet zwar nur an einzelnen wenigen Punkten statt, ist aber trotzdem für die Technik von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Es wird genügen, wenn an dieser Stelle nur auf die wesentlichsten Arten der Benutzung hingewiesen und dann die Gewinnung selbst an einzelnen charakteristischen Beispielen geschildert wird.

Die Gesteine dienen seit uralten Zeiten als Bausteine, zunächst kam nur der einfache Mauerstein in Frage, mit der fortschreitenden Kultur werden die Außenflächen hervorragender Gebäude mit sorgfältig bearbeiteten und ornamentierten Werkstücken geschmückt, der Ausbildung der Thür- und Fenstergewände wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Bereits die frühgeschichtliche Zeit kennt monumentale Bauten im eigentlichsten Sinne des Wortes, an denen Säulen und Bildhauerarbeiten in sehr bedeutendem Umfange verwendet wurden. Dazu trat die Schmückung der Innenräume mittels polierten Gesteinsmaterials, Säulen, Platten, Treppenstufen und dergleichen, wozu auch weniger wetterbeständige, weichere und daher leichter bearbeitbare Gesteine wie z. B. die farbenreichen Marmorarten, der dunkle Serpentin und der blendend weiße Alabaster Verwendung finden konnten. Die Anfertigung größerer und kleinerer Kunstwerke, auch Gebrauchsgegenstände aus Gesteinen ist neben der Herstellung solcher Bedürfnisse des feineren Geschmackes aus Metallen und Holz zu allen Zeiten geübt worden.

Zur ältesten Verwendung der Gesteine ist auch der Straßen- und Wasserbau zu rechnen. Auch heute noch verschlingen die Packlagen und der Klarschlag für unsere Landstraßen, die Pflastersteine und Fußsteigplatten unserer Städte, die Werkstücke für Brücken- und Hafenbauten sehr bedeutende Mengen von Gesteinsmaterial. Beim Straßenbau ist es namentlich der Widerstand gegen die mechanische Abnutzung des Materials, welcher in Frage kommt, derselbe ist bei den Augit und Hornblende enthaltenden Gesteinen, z. B. den Gabbros, besonders groß.

Aber auch außer diesen beiden wesentlichsten Verwendungsarten dienen uns die Gesteine noch zu vielerlei, es sei hier erinnert an die Dachschiefer und lithographischen Kalksteine, an Mühl- und Schleifsteine, an die Phosphate, welche der Landwirtschaft als Düngemittel unentbehrlich geworden sind, an die Verwendung von Kalkstein, Gips, Flußspat und Schwerspat in der chemischen Großindustrie und die immer bedeutendere Rolle, welche Asbest und Glimmer für viele Zwecke spielen.

Kurz möge auch darauf hingewiesen werden, welche bedeutenden Mengen von Sand und Kies, von Lehm, gewöhnlichem und feuerfestem Thon und von Kaolin, dem Zersetzungsprodukt des Feldspates, für die Zwecke der Mörtelbereitung, der Ziegel- und Töpferwarenindustrie, der Terracotta-, Steingut-, Porzellan- und Glasfabrikation beständig dem Boden entnommen werden. Mit Ausnahme des Kaolins, der z. B. in Nordböhmen durch unterirdischen Betrieb abgebaut wird, gewinnt man die übrigen Materialien in einfachster Weise durch Gräberei.

Die wirtschaftliche Bedeutung des Steinbruchbetriebes speziell für Deutschland erhellt am besten aus den durch die Gewerbezählung vom Juni 1895 erhaltenen Zahlen: Beim



328. Elbsandsteinbruch des Herrn Lotze in Pirna: Die gestürzte Wand.

eigentlichen Steinbruchbetriebe einschließlich der Verarbeitung des gewonnenen Gesteinsmateriales, die sehr häufig in den Brüchen selbst stattfindet, wurden zu dem genannten Zeitpunkte über 140 000 Arbeiter beschäftigt, während in den Gräbereien auf Sand, Kies, Thon, Lehm u. s. w. etwa 40 000 Arbeiter ihren Lebensunterhalt fanden. Gegenüber den Ergebnissen der Zählung vom Jahre 1882 hat auch in diesen Gewerben eine sehr erhebliche Zunahme der beschäftigten Personen stattgefunden.

Sandstein ist bei weitem der wichtigste natürliche Baustein. Das häufige Vorkommen in der Natur und zwar in den verschiedensten geologischen Horizonten, das Auftreten in Bänken von wechselnder Stärke, wodurch die Herstellung von Werkstücken in verschiedenen Abmessungen sehr erleichtert wird, die gute Bearbeitbarkeit und vorzügliche Wetterbeständigkeit vieler Vorkommen haben neben den warmen Farbtönen, die außer grau und gelb auch rötlich und grünlich aufweisen, dem Sandstein den ersten Rang unter den Bausteinen verschafft; überall, wo Sandstein vorkommt, wird er auch gebrochen, aber wohl kein Gebiet kann sich nach Anzahl und Großartigkeit der Betriebe mit der Sächsischen Schweiz vergleichen, wir wählen daher diese als Beispiel, zumal auch die Betriebsweise von dem sonstigen Steinbruchbetriebe wesentlich abweicht.

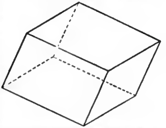
Wegen der Leichtigkeit der Verfrachtung zu Schiff liegen die meisten Brüche unmittelbar an der Elbe, außerdem hat sich nur im Thal der Gottleuba wegen der hervorragenden Güte des dort gebrochenen Steines umfangreicherer Betrieb entwickelt. Freilich ist die Anmut der Landschaft namentlich des Elbthales hierdurch erheblich beeinträchtigt worden, aber für die sonst ärmliche Gegend ist die Beschäftigung von etwa 4000 Arbeitern in gegen 300 Brüchen ein außerordentlicher Segen. Die jährliche Produktion beläuft sich auf etwa 200 000 cbm im Gesamtwerte von über 2 Millionen Mark, die Preise für 1 cbm schwanken je nach Größe der Werkstücke und Güte des Steines und betragen zwischen 5 Mark für gewöhnliche roh behauene Bausteine und 30 Mark für Material zu großen Werkstücken aus bestem Stein. Im Handel wird der Sandstein der Sächsischen Schweiz häufig nach dem Hauptorte als Pirnaischer Sandstein bezeichnet, er wird in größeren Mengen nach Magdeburg und Berlin, selbst bis nach Hamburg verfrachtet.

Die verwertbaren Sandsteinbänke sind gewöhnlich von Grus und zerklüftetem Sandstein überlagert, beides muß als unbrauchbares Material abgeräumt werden; je nach der Lage des Bruches bleiben jedoch bis zur Bruchsohle dann noch 10 selbst 20 m brauchbarer Stein. Zur Gewinnung wird ein Teil der Felswand unter Berücksichtigung der vorhandenen Zerklüftung unterhöhlt, ähnlich wie dies beim Betrieb der böhmischen Braunkohlentagebaue (S. 236) des näheren beschrieben wurde, jedoch entfernt man die untersten zugänglichen Bänke, gewöhnlich weicheren minderwertigen Stein, vollständig mittels Spreng- und Keilhauenarbeit und stützt das darüber befindliche Gestein durch starke Hölzer. Diese werden dann dünn gehackt, mittels Pulver weggesprengt oder auch weggebrannt und die unterhöhlte Wand kommt zu Fall. Am günstigsten für die spätere Verarbeitung des Gesteinsmaterials, die oft Jahre in Anspruch nimmt, ist es, wenn die Wand kippt und sich auf die vorgelagerte Schutthalde umlegt (Abb. 328). Das Unterhöhlen und Fällen der Wand erfordert große Umsicht und Erfahrung, diese Arbeiten werden von den zuverlässigsten Arbeitern, den Hohlmachern, ausgeführt.

Die Kosten für das Unterhöhlen großer Wände, die bis zu 12 000 cbm Gesteinsmasse enthalten, belaufen sich manchmal bis auf 10 000 Mark. Nachdem die Wand glücklich gefallen ist, pflegt der Bruchherr den Arbeitern ein Faß Bier, das sogenannte Wandbier, zu stiften.

Leider sind im Laufe der Jahre durch vorzeitiges Niedergehen von Wänden mancherlei Unfälle vorgekommen, man liest immer wieder in den Zeitungen, daß Arbeiter, die nicht rechtzeitig fliehen konnten, von den Gesteinsmassen erdrückt wurden. Aber auch wunderbare Rettungen sind zu verzeichnen: so verschüttete oberhalb Schandau im Jahre 1862 eine große Wand, welche während des Hohlmachens unversehens fiel, 24 Steinbrecher, die eben beim Frühstück waren. Glücklicherweise bildeten gerade an dieser Stelle die Gesteinstrümmer eine hohle Stelle, und die sämtlichen Arbeiter konnten nach 56stündigem ununterbrochenem Rettungswerk lebend hervorgezogen werden.

Auch ist es vorgekommen, z. B. im Juli 1877 in den Brüchen zwischen Wehlen und Rathen, daß eine mächtige Wand sich auf der Schutthalde überschlug und große Massen Gestein bis in die Elbe stürzten, sie hinderten mehrere Tage die Schiffahrt und konnten nur mit großen Kosten entfernt werden. (Heinrich Gebauer, „Die Volkswirtschaft im Königreich Sachsen", Dresden 1893 Bd II).



329. Spaltungs-Rhomboeder von Kalkspat.

Die Kalksteine dürften nächst den Sandsteinen das am meisten benutzte Gestein sein. Allerdings tritt die Verwendung als eigentlicher Baustein, namentlich für die äußere Architektur, etwas zurück, da Farbe und Politur nur selten den Witterungseinflüssen auf die Dauer standhalten; dagegen ist die Ausschmückung der Innenräume von Gebäuden namentlich mittels der farbigen polierfähigen Kalksteine, der Marmorarten, eine sehr vielseitige; dünnplattige Kalksteine werden zum Bodenbelag benutzt. Daß der weiße körnige Marmor das gesuchteste Material für Bildhauerarbeiten bildet, ist zur Genüge bekannt; den ersten Rang als Statuenmarmor nimmt immer noch unbestritten der Marmor von Carrara ein, unter den im Altertume am meisten gerühmten Marmorarten sind der Pentelische und der Parische Marmor zu erwähnen, der erstere war namentlich zu monumentalen Bauten, der zweite dagegen zu Statuen außerordentlich geschätzt.



330. Isländischer Doppelspat.

Als Straßenbaumaterial wird Kalkstein zwar vielfach in denjenigen Gegenden verwendet, in denen er das häufigste Gestein ist, er eignet sich jedoch hierzu wegen der geringen Härte nicht besonders. Kalkstraßen nutzen sich schnell ab und sind durch die starke Staubbildung ein Schrecken aller Reisenden.

In einer Beziehung ist der Kalkstein unübertroffen, nämlich zu lithographischen Platten, besonderen Ruf haben in dieser Hinsicht die Kalksteine von Solnhofen, Station der Bahnlinie Nürnberg-Ingolstadt, an der Altmühl gelegen. Es findet von dort aus über die ganze Welt die Ausfuhr dieser Platten statt. Übrigens sind die Solnhofener Brüche auch bekannt durch den Reichtum an wohlerhaltenen Versteinerungen, den sie bergen; in dem ungemein feinen Kalkschlamm haben sich die zartesten Einzelheiten der Lebewesen des Jurameeres erhalten.

Auf den Klüften des Kalksteins finden sich nicht selten durchsichtige Krystalle oder gut nach einem Rhomboeder (Abb. 329) spaltbare Massen von Kalkspat, mineralogisch reiner kohlensaurer Kalk, er wird auch Doppelspat genannt, da er die Eigentümlichkeit besitzt, den einfachen Lichtstrahl in zwei zu zerlegen (Abb. 330). Man kann diese Erscheinung schon beobachten, wenn man ein Stück Doppelspat auf gewöhnliche Schrift legt, sie erscheint doppelt. Am berühmtesten ist der isländische Doppelspat, der wegen der außerordentlichen Durchsichtigkeit und starken Doppelbrechung in der Physik, namentlich auch bei der Mikroskopie zu den sogenannten Polarisationsapparaten Verwendung

findet. Reine Stücke dieses Doppelspates werden je nach der Größe mit 56—112 Mark (50—100 Kronen) das Kilogramm bezahlt.

Die Benutzung des Kalksteines nach erfolgtem Brennen und Löschen zur Mörtelbereitung ist allgemein bekannt, thonhaltige Kalksteine dienen zur Herstellung von hydraulischen Mörteln, beziehungsweise Zementen. In der chemischen Großindustrie wird kaum ein Gestein so vielseitig gebraucht wie der Kalkstein: er dient zur Soda- und Glasdarstellung, er findet in der Zuckerindustrie und Gerberei Verwendung, für kalkarme Bodenarten ist roher gemahlener oder gebrannter und an der Luft gelöschter Kalk ein immer mehr geschätztes Düngemittel, bei hüttenmännischen Schmelzprozessen dient er als Zuschlagmittel zur Bildung leichtflüssiger Schlacke, er wird allgemein benutzt zur künstlichen Herstellung reiner Kohlensäure.

Die neueste Zeit hat dem Kalkstein eine weitere wichtige Rolle zuerteilt, da er, in die Form von Calciumcarbid übergeführt, das hellleuchtende Acetylengas liefert. Damit sind die Anwendungen des Kalksteins in der Industrie keineswegs erschöpft, wir begegnen ihm vielmehr auf Schritt und Tritt.

Es kann daher nicht wunder nehmen, daß geradezu an unzähligen Orten Kalkstein gebrochen wird. Als besonders bedeutenden und dabei eigenartigen Betrieb wollen wir die Kalksteinbrüche zu Rüdersdorf, östlich von Berlin, schildern, dieselben haben schon seit längerer Zeit durch eine Zweigbahn Verbindung mit der von Berlin nach Küstrin führenden Ostbahn. Außerdem hat die günstige Lage von Rüdersdorf inmitten des nördlich der Spree befindlichen Seengebietes auf zwei verschiedenen Wegen einen direkten Schiffahrtsverkehr aus dem sogenannten Alvenslebenbruche zur Spree ermöglicht, so daß die Stadt Berlin in der denkbar billigsten Weise mit dem Rüdersdorfer Kalke, der sowohl als Baustein als auch zur Mörtelbereitung dient, versorgt wird. Der Alvenslebenbruch ist bis zum Wasserspiegel etwa 30 m tief, südwestlich von demselben liegt weitere 30 m tiefer der Tiefbau, aus welchem ohne Umladung Verfrachtung mit der Bahn möglich ist, da auf einer schiefen Ebene von 30° Neigung zugweise die leeren Eisenbahnwagen bis auf die Bruchsohle hinabgelassen und die vollen durch kräftige Fördermaschinen aufwärts befördert werden. Abb. 331 zeigt einen Blick von der südlichen Seite des Bruches auf diese schiefe Ebene, sie ist zweigleisig, wie die Haspelberge im Bergbau. Bei einem Aufzuge, der zwei Minuten Zeit in Anspruch nimmt, können 500 Doppelzentner Kalkstein befördert werden. Um eine bequeme Zu- und Abfuhr der Wagen am oberen Ende der schiefen Ebene zu ermöglichen, stehen die beiden Fördermaschinen, von denen eine zur Reserve dient, seitlich, die starken Stahldrahtseile laufen über Seilscheiben, welche auf einem gemauerten Unterbau so hoch verlagert sind, daß die Eisenbahnwagen durch ausgesparte Thore unter denselben hindurchlaufen. Im Tiefbau findet, wie Abb. 332 es veranschaulicht, durch ein ausgedehntes Netz von Gleisen und Weichen in Verbindung mit einer in der Mitte gelegenen Drehscheibe die Verteilung der leeren Wagen bis in unmittelbare Nähe der beiden Abbaustöße statt, so daß der Kalkstein aus den Hunden bequem von Verladebühnen aus in die Eisenbahnwagen umgeladen werden kann, worauf die vollen Wagen zu Zügen an der schiefen Ebene vereinigt werden. Die dem Tiefbau zufließenden Wassermengen werden durch große Pumpen gehoben, deren Betriebsdampfmaschinen nahe dem Rande des Tiefbaues über einem besonderen Schachte aufgestellt sind; wie bei der Förderung ist auch hier eine Reservemaschine vorhanden.

Der Abbau des der Muschelkalkformation angehörigen, in 10—20 cm starken und etwa 20° geneigten Bänken abgelagerten Kalksteines findet genau so wie der Tagebaubetrieb auf böhmische Braunkohle (vergl. S. 236) durch Unterhöhlen der anstehenden Wand statt. Diese ruht schließlich noch auf einzelnen Pfeilern, die durch Sprengschüsse gleichzeitig zerstört werden. Man pflegt jedoch die Sprengung so zu leiten, daß durch Anwendung etwas kürzerer Zündschnüre die Sprengschüsse in der dem Bruche zunächst gelegenen Pfeilerreihe um einige Sekunden früher zur Explosion gelangen, als die in den weiter zurückliegenden Pfeilerreihen. Dadurch kippt die Gesteinswand um und legt sich auf die Bruchsohle, die Massen lockern sich dabei in den Schichlungsfugen und können bequem und ohne Gefahr für die Mannschaft verarbeitet werden.



331. Die Förderung aus dem Tiefbau der Rüdersdorfer Kalksteinbrüche.
Nach einer Photographie von Eduard Wohlleben in Rüdersdorf.



332. Der Tiefbau der Rüdersdorfer Kalksteinbrüche. Nach einer Photographie von Eduard Wohlleben in Rüdersdorf.



333. Marmorbruch am Monte Altissimo.

In den Brüchen sind etwa 1000 Arbeiter beschäftigt, die jährliche Erzeugung an verwertbarem Stein beträgt etwa 500 000 cbm, und zwar werden in der Hauptsache Mauersteine, gebrannter Kalk zur Mörtelbereitung und Zement aus den thonreicheren Schichten hergestellt, das feinste Gesteinsmaterial, der Grus, wird auf ziemlich weit entfernte Halden mittels mechanischer Förderung geschafft. Die Kalköfen, von denen 15—20 mit einer täglichen Produktion von mehr als 200 t gebranntem Kalk in Betrieb stehen, sind so angelegt, daß sowohl die Zufuhr des Rohkalkes und der Kohlen als auch die Abfuhr des gebrannten Kalkes mittels Eisenbahnwagen in leichtester Weise erfolgt.

Die Brüche gehören zu $^5/_6$ dem Staate, zu $^1/_6$ der Stadt Berlin und sind eines Besuches wohl wert, zumal sich damit eine angenehme Dampfschiffahrt auf der Spree und den Seen verbinden läßt; am interessantesten ist es, wenn man Gelegenheit hat, einer der großen Sprengungen beizuwohnen.

Wenngleich das Vorkommen von Marmor außerordentlich verbreitet ist, so sind doch auch heute noch die griechischen und oberitalienischen Marmorarten besonders geschätzt.

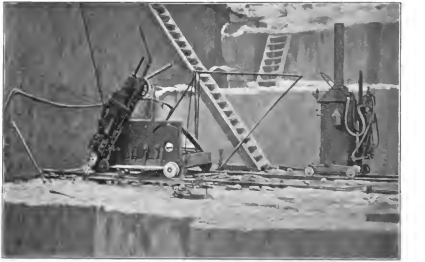
Die mehr als ein Jahrtausend verschüttet gewesenen Steinbrüche, aus denen das antike Griechenland das schönste Kunstmaterial gewann, sind durch die Anstrengungen des deutschen Gelehrten Siegel, welcher im Auftrage König Ottos Griechenland bereiste, wieder aufgefunden und in Betrieb gesetzt worden. Auf der Insel Paros sind diese Bemühungen nicht von nachhaltigem Erfolge gewesen, da es auf die Dauer nicht gelang, größere Blöcke, wie sie zur Herstellung von Statuen benötigt werden, zu gewinnen. Dagegen liefert der Pentelikon auch heute noch Werkstücke in jeder gewünschten Größe für die Zwecke der Architektur; dieser vortreffliche Marmor diente als Material für die Prachtbauten des modernen Athen. Auch die alten Brüche der Landschaft Maina, nahe bei Kap Matapan, welche die schon von den Römern so außerordentlich geschätzten roten geaderten Marmore liefern und zwar einen kirschroten, fein schwarz geaderten und einen dunkelroten, weiß geaderten und gefleckten, sind wieder der Vergessenheit entrissen worden.

Der Hauptsitz der italienischen Marmorindustrie ist das nördliche Toscana. Mit der Eisenbahn, welche von Pisa nördlich nach Spezzia führt, gelangt man nach dem etwa 2 km vom Meere entfernt gelegenen Massa, nördlich davon liegt Carrara in einem tiefen Bergkessel des Apuanischen Apennin, es ist durch eine Zweigbahn mit der Hauptbahn und dem Hafenorte Avenza verbunden. Südlich von Massa etwas östlich im Gebirge gelangen wir, wenn wir dem Flüßchen gleichen Namens folgen, nach Serravezza, in der Nähe ist der Hafenort Forte dei Marmi. Oberhalb von Serravezza am Monte Altissimo legte Michelangelo im Jahre 1517 im Auftrage Leos X. Marmorbrüche an, dagegen wurden die Brüche von Carrara schon vor mehr als 2000 Jahren ausgebeutet. Sie lieferten schon den Römern das Material für Bildwerke, so für den Apollo von Belvedere, später verwendeten Michelangelo, Thorwaldsen, Canova, Rauch, Begas und andere den „Statuario di Carrara“ für ihre herrlichen Meisterwerke. Die außerordentlichen Vorzüge dieses Marmors sind begründet in dem gleichmäßigen feinkörnigen Gefüge, dem schimmernden Glanze und einem gewissen Grade von Transparenz, dabei ist der Stein rein weiß, nicht zu hart, daher leicht bearbeitbar und für Ausführung der zartesten Arbeiten wie Haarpartien, Schleier und Spitzen besonders geeignet. Außerdem kommt an den genannten Orten auch der wohl am häufigsten angewendete Architekturmarmor „bianco chiaro“ oder „blanc clair“, weiß mit vielen bläulichen Adern in großen Mengen vor. Besonderen Ruf haben die Breccienmarmore der Gegend, so der brecce violette von Serravezza, der in violetter Grundmasse weiße, gelbe, blaue und graue Bruchstücke von wechselnder Größe enthält. Auch die buntgeaderten Marmore, wie der rosso antico, tiefdunkelrot mit helleren roten Streifen und weißen Adern, der violetto mit weißen Adern in violettem Grunde, der verde dei Greci auf lichtgrünem Grunde mit dunkleren ästigen Zeichnungen und weißen Adern sind gesucht.

Um zu den Brüchen zu gelangen, muß man in das Gebirge aufwärts wandern. Überall an den Abhängen der Thäler erblickt man die staffelförmig übereinander angelegten Brüche, schon von weitem erkenntlich durch die langen Böschungen von Abfall-

stücken, die sich oft bis zur Thalsohle erstrecken. Kommt man näher, so belebt sich das Bild, man hört das eintönige Geräusch der Hammerschläge, das Kreischen der Schneidewerke, welche die im Bruch aus dem Gröbsten zugearbeiteten Stücke zersägen, und das Knirschen der Mühlwerke, auf denen Marmorquadern geschliffen und poliert werden. Von den meisten Brüchen werden die Blöcke auf starken Wagen, die mit 4, selbst 8 Ochsen bespannt sind, zur Verladung mit der Bahn befördert; nur sehr große Quadern werden auf geneigten Ebenen und Lagen von starken Brettern auf untergelegten Walzen langsam ins Thal geschafft, indem mittels festgelegter Flaschenzüge die Last gehalten wird (Abb. 333). Auf diese Weise allein können Blöcke von 10 und noch mehr Kubikmetern Inhalt transportiert werden. Nur von den am ungünstigsten gelegenen Brüchen läßt man die rohen Blöcke am Gehänge bis ins Thal hinunterrollen.

Die Brüche auf der Höhe des Gebirges gewähren bei klarer Luft einen herrlichen Blick auf die Küstenebene und das Meer bis hinunter nach Elba und Corsica und westlich an der Küste entlang weit über Genua hinaus.



334. Sullivan-Schrämmaschine in einem italienischen Marmorbruche.

Die Gewinnung und der Transport des Marmors beschäftigt jetzt etwa 5000 Arbeiter, außerdem befindet sich namentlich in Carrara eine große Zahl von Werkstätten und Künstlerateliers für die Verarbeitung des Marmors. Auf den Eisenbahnstationen und in den Häfen sieht man jedoch auch viele fremde Marmorarten, so den aus der Provinz Genua stammenden „Portor“, der auf tiefschwarzem Grunde schwefel- bis goldgelbe und weiße Adern zeigt, ferner den herrlichen Griotte aus dem französischen Departement Aude, der in tiefroter Masse kirschrote Mandeln und weiße Versteinerungen zeigt. Aus diesem herrlichen Stein sind beispielsweise die Postamente der Feldherrenbüsten im Berliner Zeughause gefertigt.

Etwa tausend Schiffsladungen und mehrere tausend Eisenbahnladungen führen dieses kostbare Gut jahraus jahrein in alle Lande. (Heinrich Schmidt. Die modernen Marmore und Alabaster. Leipzig und Wien 1897.)

Dort, wo bei der Gewinnung von Marmor im großen eine bankweise Absonderung fehlt, werden wegen des hohen Wertes des Gesteines nicht selten Schrämmaschinen (Abb. 334) angewendet, da mit diesen die Einschnitte (Schrote, Schlitze), welche zur Ab-

trennung der Gesteinsblöcke nötig sind, einmal billiger und schneller, dann aber auch viel schmäler und daher mit weniger Materialverlust hergestellt werden können. Derartige Steinbrüche sind in regelmäßige Strossen (stufenweise Absätze) geteilt, auf jeder derselben läuft auf entsprechendem Schienengleis eine durch Dampf betriebene Schrämmaschine, mit welcher die senkrechten Schrote geführt werden; auch der zugehörige Dampfkessel ist fahrbar. Das Abtrennen der Blöcke an der Unterfläche erfolgt mittels Reihen von Keilen.

Von den geschichteten Gesteinen spielen auch die Thonschiefer im Steinbruchbetrieb eine hervorragende Rolle, wenn sie sich in große und ebene, dabei aber dünne Platten und Tafeln spalten lassen und außerdem die nötige Wetterbeständigkeit besitzen. Man verarbeitet sie dann zu Dachschiefern, die Farbe ist rötlich, bläulich und in allen Abstufungen des Grau, bis fast schwarz. Die letzteren werden auch als Tafelschiefer zu den Schiefertafeln der Schulkinder benutzt. Die Schiefer müssen eine sehr gleichmäßige Zusammensetzung haben, die Spaltbarkeit folgt entweder der Schichtung, oder auffälligerweise auch einer davon abweichenden Richtung, die man dann Schieferung nennt. Diese letztere Art der Spaltbarkeit dürfte eine Folge von starkem Druck sein, dem der Thonschiefer bei der Aufrichtung oder Biegung der Schichten ausgesetzt war. Es findet sich auch Schiefer, z. B. in Steinach in Thüringen, der nach zwei Richtungen gut spaltet und daher leicht in dünne Stengel zerfällt, man benutzt ihn zur Herstellung von Schieferstiften, auch Griffel genannt. Von letzterer Bezeichnung hat er den Namen Griffelschiefer.

Dachschiefer kommen namentlich in den ältesten Formationen, dem Silur, Devon und der Steinkohlenformation vor, doch sind bei Glarus (Schweiz) auch Dachschiefer bekannt, die dem Tertiär angehören. Die wichtigsten Orte für Herstellung von Dachschiefern in Deutschland sind Lehesten in Thüringen, woselbst sie in der unteren Steinkohlenformation auftreten und die Spaltung einer Schieferung folgt, ferner das Devon des rheinischen Schiefergebirges und Westfalens mit dem Hauptproduktionsorte Kaub am Niederrhein. Vielfach werden auch englische, belgische und französische Dachschiefer eingeführt. Der früher bedeutende Betrieb in der Umgegend von Lößnitz an der Bahnlinie Chemnitz-Adorf im Königreich Sachsen am Nordabhange des Erzgebirges, der noch bis zum Jahre 1860 etwa 500 Arbeiter beschäftigte, hat fast ganz aufgehört, da die Ausdehnung der wirklich brauchbaren Schieferlagen eine verhältnismäßig kleine ist und auch die Spaltbarkeit derjenigen der thüringischen und rheinischen Schiefer erheblich nachsteht. Bis in die unmittelbare Umgegend von Lößnitz haben zur Zeit die auswärtigen Schiefer die heimischen verdrängt.

Der Betrieb der Schieferbrüche findet meist als Tagebau statt, es werden durch strossweisen Abbau mittels Schrämen und Keilarbeit große dicke plattenförmige Stücke gewonnen, die in besonderen Werkstätten durch Spalten, Sägen, Schneiden, auch Hobeln zu größeren Platten, Dach- und Tafelschiefer verarbeitet werden.

Die Eruptivgesteine werden in sehr ausgedehntem Maße als Straßenbaumaterial, zur Packlage und als Klarschlag verwendet, und wenn auch einzelnen Gesteinen für verkehrsreiche Straßen der Vorzug gegeben wird, namentlich dem Basalt, den Hornblendediabasen und den Porphyren, so werden doch für geringere Beanspruchung fast alle Gesteine hierzu benutzt. Die folgende Zusammenstellung gibt in Prozenten den Anteil, nach welchem die verschiedenen Gesteinsarten im Königreich Sachsen im Jahre 1896 zur Unterhaltung der Staatsstraßen dienten:

Porphyrgruppe . . .	34%	Gneisgruppe	6%
Basaltgruppe . . .	20%	Thonschiefergruppe . . .	$5^1/_2$%
Granitgruppe	17%	Quarzgruppe	3%
Grünsteingruppe . . .	$11^1/_2$%	Kies- und Lesesteine . .	3%

Es erhellt hieraus die große Mannigfaltigkeit des Materials. Dort, wo Straßenschotter in bedeutenderen Mengen hergestellt wird, erfolgt die Verkleinerung zweckmäßigerweise nicht mehr mittels Hämmer durch Handarbeit, sondern mittels Steinbrecher (vgl. S. 201).

Schon wesentlich geringer ist die Zahl derjenigen Eruptivgesteine, die als **Pflastersteine** für bessere Pflaster brauchbar sind. Die Ansprüche sind in dieser Beziehung außerordentlich gestiegen; während man früher z. B. in Norddeutschland, die Lesesteine, welche das Diluvium in großer Menge liefert, ohne weitere Bearbeitung verwendete und an den gerundeten Köpfen und dem unregelmäßigen Querschnitt keinen Anstoß nahm, werden heute die Straßen der großen Städte, soweit nicht Asphalt in Frage kommt, nur mit sorgfältig zugeschlagenen Steinen genau gleicher Größe gepflastert, welche außerdem die Eigenschaft besitzen, daß sie bei großer Widerstandsfähigkeit nicht glatt werden. Am besten scheinen hierfür die mittelkörnigen **Granite**, die ihnen verwandten **Syenite** und die **Diabase** geeignet zu sein, sie werden denn auch aus weiter Ferne bezogen und bilden einen sehr wertvollen Handelsartikel. So verwendete die Stadt Berlin beispielsweise im Jahre 1895 für die Pflasterung: zu 136 000 qm Pflastersteine aus Schweden, zu 9000 qm aus dem Königreich Sachsen und nur zu 3000 qm geringwertigen Pflasters Steinmaterial aus der unmittelbaren Umgegend. Der Preis der Steine für 1 qm Pflaster betrug je nach dem Grade der Bearbeitung und der Güte des Steines 9 bis ausnahmsweise 15 Mark.

Früher wurde wegen seiner großen Widerstandsfähigkeit und der leichten Verarbeitbarkeit zu Pflastersteinen auch **Basalt** viel gebraucht. Die säulige Absonderung dieses Gesteins, die übrigens den Steinbrüchen ein ungemein malerisches Aussehen verleiht (s. Tafel), hat gewissermaßen der sich nötig machenden Zerkleinerung vorgearbeitet und gestattet auch ein leichtes Brechen des Gesteins mittels Keilarbeit. Die Verwendung zu Pflastersteinen ist jedoch zurückgegangen, weil Basalt durch die Abnutzung ganz außerordentlich glatt wird; die Benutzung als Schottermaterial dagegen dürfte beständig gestiegen sein.

Zu Bausteinen und im besonderen zu Werkstücken bedient man sich der krystallinischen Eruptivgesteine deshalb seltener, weil ihre Bearbeitung schwierig und teuer ist; ausgenommen hiervon sind gewisse tuffartige Gesteine, die sich ähnlich wie Sandstein behandeln lassen, z. B. der Rochlitzer und Hilbersdorfer Porphyr, deren Gewinnung weiter unten besprochen ist.

Die allgemeinste Verwendung zu eigentlichen Werkstücken, zu Treppenstufen, Podestplatten, zu Randsteinen und Platten für Fußsteige, zu Thür- und Fenstergewänden, auch zu Mühlsteinen findet aus der Gruppe der Eruptivgesteine sicher der **Granit** und zwar in seinen mittelkörnigen Vorkommen. Die Granitindustrie hat fast überall den gleichen Weg eingeschlagen; man verarbeitete zunächst die ausgewitterten Blöcke, die sich in allen größeren Granitgebieten an der Oberfläche, besonders an steileren Hängen vorfinden, indem man sie durch Herstellen von in Reihen gestellten Keillöchern und nachheriges Eintreiben der Keile zu Werkstücken spaltete. Je dicker der zu teilende Block ist, desto tiefer werden die Löcher ausgemeißelt und desto schlanker und länger wählt man die Keile, um die erzeugte Spannung nur ganz allmählich zu steigern.

Erst nachdem dieses leicht zu erreichende Material aufgearbeitet war, entschloß man sich zur Anlage von eigentlichen Steinbrüchen. Soll deren Ausbeutung zu **Werkstücken**, welches die lohnendste Verwertung ist, gewinnbringend sein, so müssen allerdings erfahrungsgemäß außer der günstigen Lage des Bruches zu Abfuhrwegen namentlich noch die Bedingungen erfüllt sein, daß die Granitmasse eine Absonderung in stärkere Bänke zeigt, daß nur wenig Klüfte vorhanden sind, welche diese Bänke durchsetzen, und daß das Gestein gut spaltet. In Mitteldeutschland haben die Granite des Fichtelgebirges und der Lausitz besonderen Ruf, außerdem wird in Norddeutschland namentlich schwedischer Granit verwendet. Bekannt sind die gewaltigen Monolithe, die für die monumentalen Bauten in St. Petersburg aus finnländischen Brüchen in ganz ungewöhnlicher Größe geliefert wurden. Der rötliche, porphyrartige Granit ist unter dem Namen **Rapakiwi** bekannt, d. h. „fauler Fels“, da das Gestein oft oberflächlich stark verwittert ist. Die Säule des Monumentes Kaiser Alexanders I., welches im Jahre 1834 errichtet wurde, ist 30 m lang und 4 m stark, es ist der größte Monolith der Neuzeit, die 1848 ebenfalls aus **einem** Stück gearbeiteten Säulen der Vorhallen der Isaaks Kathedrale haben 17 m

Das Gestein, welches am Rochlitzer Berge bereits seit 8 bis 9 Jahrhunderten als Baustein gewonnen wird, ist ein rötlicher **Porphyrtuff** und heißt im Handel entweder einfach Rochlitzer Stein, Rochlitzer Porphyr, auch wohl Sandstein. Die leichte Bearbeitbarkeit im bruchfeuchten Zustande, seine Wetterbeständigkeit, in Verbindung mit dem warmen Farbton, haben diesem Baustein bis jetzt ein, allerdings mit den Zeitverhältnissen der Größe nach wechselndes, aber hinreichendes Absatzgebiet erhalten, trotz des starken Wettbewerbes des Sandsteins der Sächsischen Schweiz und in neuerer Zeit der künstlichen Zementsteine.

Den Rochlitzer Porphyr finden wir bereits im 10. Jahrhundert als Baustein an Kirchen und Schlössern, z. B. in Döbeln und Glauchau, am bekanntesten jedoch dürfte seine Verwendung zu Säulen, Portalen und am Altar der aus der zweiten Hälfte des 12. Jahrhunderts stammenden Kapelle des in unmittelbarer Nähe gelegenen Schlosses **Wechselburg** sein. Heute wird der Rochlitzer Stein nicht nur für die Städte der nächsten Umgebung, sondern auch für Chemnitz und Leipzig, ja sogar bis Berlin, Stettin und Hamburg zum Schmuck von Fassaden, als Thür- und Fenstergewände, ferner zu Treppenstufen bezogen.

Die Brüche befinden sich auf der breiten Kuppe des Berges; da die Oberfläche meistens mit 3—4 m hohem Gesteinsschutt bedeckt ist, und hierdurch eine seitliche Ausdehnung des Bruchbetriebes erschwert wird, so ist die Gewinnung nach der Tiefe zu erfolgt, die Brüche bilden von steilen Wänden umgrenzte Kessel von 20, selbst 50 m Tiefe. Das Gestein ist in hohem Maße kluftfrei, und es erfolgt die Herstellung der Werkstücke daher strossweise durch das „Ausschroten". Mittels Stahlhaue wird in bestimmter Entfernung vom Stoße, so daß das zu lösende Gesteinsstück die richtigen Abmessungen erhält, eine rinnenartige Vertiefung je nach der zu erreichenden Tiefe von 10—30 cm Breite, „der Schrot", ausgehauen, das Gleiche geschieht an den Enden des Werkstückes. Darauf wird dasselbe an der mit dem festen Gestein noch zusammenhängenden Unterseite dadurch abgetrennt, daß in vorgeschlagene Vertiefungen Reihen von Keilen eingetrieben werden. Die gelösten Steine werden sodann mittels Krane, die unmittelbar an der steilen Bruchwand auf der Oberfläche aufgestellt sind, hochgewunden und in Steinmetzwerkstätten bearbeitet; eine Politur nimmt der Stein nicht an, doch wird die beste Ware mittels Sandstein völlig glatt geschliffen, auch mit Profilierungen versehen.

Außer den bedeutenden Mengen von Steinen, die beständig in die benachbarten Ortschaften verkauft und durch Geschirr befördert werden, gelangten im Jahre 1895 230 Wagenladungen mittels der Eisenbahn zur Verfrachtung auf weitere Entfernungen. Es waren damals acht Steinbrüche mit 130 Arbeitern im Betriebe.

Ähnliche Steinbruchbetriebe finden sich in größerem Umfange bei dem Dorfe **Hilbersdorf** östlich der Fabrikstadt Chemnitz; hier lagert ebenfalls ein Porphyrtuff des Rotliegenden, doch steht er an Güte dem Rochlitzer Stein nach. (Dr. O. Herrmann, „Zeitschrift für praktische Geologie 1896", S. 442.)

Zu denjenigen Gesteinen, welche vorwiegend zum Schmuck von Innenräumen und zur Anfertigung kleinerer Bedarfs- und Kunstgegenstände geschätzt werden, gehört der **Serpentin**; er besteht in der Hauptsache aus wasserhaltigem Magnesiasilikat. Nach der heutigen Annahme ist der Serpentin kein ursprüngliches Gestein, sondern eine Umbildung aus Olivin-, Amphibol- und Pyroxengesteinen, es umschließt denn auch die dichte Grundmasse häufig noch Reste der genannten und auch anderer Mineralien, so z. B. den Pyrop genannten kirschroten Granat und Magneteisenerz. Die Farbe des Serpentins ist meistens ein Graugrün, seltener Braun, mit dunkleren Flammen (unregelmäßige und nicht scharf begrenzte Flecken) und Adern, er läßt sich mit Stahlwerkzeugen besonders im bruchfeuchten Zustande leicht bearbeiten und auch drechseln, zudem nimmt er eine schöne und bleibende Politur an.

Der Hauptort für die Herstellung von Serpentinwaren ist **Zöblitz** in Sachsen, nur vorübergehend hat **Waldheim** Serpentin verarbeitet, und auch **Epinal** in den Vogesen hat in dieser Hinsicht nie die Bedeutung von Zöblitz erlangt. Hier wurde der Serpentin, welcher in einem Lager von etwa 3 km Längenerstreckung und etwa 20 m Mächtigkeit

im Gneis austritt, bereits in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts allerdings zunächst in kleinem Maße lediglich aus freier Hand verarbeitet. Erst die Einführung der Drehbank im Anfange des 16. Jahrhunderts und die umfänglichere Herstellung von Löffeln, Bechern, Kugeln und Wärmsteinen — eines Gegenstandes, der noch bis heute für die Serpentinindustrie von Bedeutung ist — belebte den Absatz. Unter Kurfürst August von Sachsen (1553—86) und noch mehr unter seinem prachtliebenden Sohne Christian I. wurde auch viel Serpentin zu Platten als Wandverkleidung und Fußbodenbelag, namentlich in Verbindung mit weißem Marmor, zu größeren Prunkgefäßen, Tischplatten, Säulen und dergleichen verwendet und dadurch der Handel mit Serpentinwaren außerordentlich gehoben. In Zöblitz hatte sich eine Innung der Serpentindrechsler gebildet, ein kurfürstlicher Serpentininspektor stand derselben vor, und der größere Teil der Bevölkerung beschäftigte sich mit Herstellung und Verkauf der Serpentinwaren.

Im Laufe des 17. Jahrhunderts jedoch trat teils durch die Zeitverhältnisse, dann aber auch durch Überproduktion, durch Mangel an Anregung von außen her und durch die infolge der Abschließung eintretende Stockung im Innungsleben ein Verfall der Industrie ein, der erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts gehoben wurde, als in der Herstellung von Tabaksbüchsen und -Dosen, von Thee- und Kaffeekannen, von Leuchtern, Mörsern und dergleichen neue Absatzgebiete geschaffen wurden. Dazu kam die stärkere Verwendung des Serpentins als Baumaterial bei den Bauten des Kurfürsten August des Starken von Sachsen und seines Nachfolgers, z. B. in der katholischen Hofkirche zu Dresden, die 1739 begonnen wurde.

Dann aber trat im Laufe der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts abermals und zwar ein sehr bedeutender Rückgang ein, der durch den Siebenjährigen Krieg eingeleitet und durch den Wettbewerb des Porzellans mit seinen gefälligen Formen verstärkt wurde. Zeiten besseren Geschäftsganges traten nur selten ein und waren von kurzer Dauer. Endlich fand dann im Jahre 1860 die letzte Umwandlung der Serpentinindustrie statt; an Stelle der Innung, die sich als unhaltbar erwies, trat eine Aktiengesellschaft, sie übernahm die sämtlichen Brüche. Aber auch diese hat mit Zeiten schlechten Geschäftsganges zu kämpfen gehabt. Seitdem wechselt die Herstellung der verschiedenen Erzeugnisse außerordentlich, sie muß sich den Ansprüchen der Mode und den Bedürfnissen der Industrie anpassen. Bald waren es Platten zu Grabsteinen, bald Mosaikplatten zu Tischen, dann in neuerer Zeit Aschenurnen, auch Isolatoren für elektrische Zwecke, welche den Absatz begünstigten, auch die Hinzufügung von Bronzebeschlägen an Vasen und Schalen zur Hebung der düsteren Farbe des Serpentins hatte Erfolge zu verzeichnen. In den letzten Jahrzehnten wurden durchschnittlich etwa 150 Arbeiter beschäftigt, außer einer Wasserkraft von 10—12 Pferdekräften steht eine Dampfmaschine von 20 Pferdestärken für die Fabrik zur Verfügung. (Heinrich Gebauer, „Die Volkswirtschaft im Königreiche Sachsen“ II. Band S. 67. Dresden 1893.)

Die **Phosphate** haben in den letzten Jahrzehnten für die Landwirtschaft als Düngemittel außerordentliche Bedeutung erlangt. Von den natürlichen Verbindungen sind in dieser Beziehung die wichtigsten der **Apatit**, der **Phosphorit**, der **Guano** und das **Guanophosphat**. Der phosphorsaure Kalk dieser Verbindungen ist in Wasser unlöslich, man verwandelt daher den natürlichen phosphorsauren Kalk durch Behandlung mit Schwefelsäure in **Superphosphate**, welche in Wasser leicht löslich sind und trotz ihres sehr viel höheren Preises von der Landwirtschaft bevorzugt werden.

Seit Einführung des Thomas-Gilchrist-Verfahrens zur Verhüttung phosphathaltiger Eisenerze ist die gemahlene Thomasschlacke mit den Superphosphaten in starken Wettbewerb getreten, und es werden zur Zeit in Deutschland etwa gleiche Mengen von Superphosphat und Thomasschlacke verwendet, während der Verbrauch von natürlichen (nicht aufgeschlossenen) Phosphaten beständig im Abnehmen begriffen ist.

Der **Apatit** ist ein chlor- und fluorhaltiges Kalkphosphat, welches meistens in weißen oder licht gelblich gefärbten sechsseitigen Säulen krystallisiert. Er kommt z. B. im südlichen Norwegen und in der spanischen Provinz Estremadura in mächtigen Gängen vor und wird dort bergmännisch gewonnen. Den dichten, erdigen, feinfaserigen Apatit, der

häufig durch kohlensauren Kalk, Thonerde und Eisenoxyde verunreinigt ist und dadurch gelblichbraune Farbe erhält, nennt man Phosphorit, er tritt entweder in Lagern im Kalkstein oder in Knollen im jüngeren Gebirge auf. Von besonderer volkswirtschaftlicher Wichtigkeit sind die Vorkommen im Nassauischen und auf der Halbinsel Florida. Hier kommt er außer in unregelmäßigen Lagern (rock-fosfate) auch als Seifen in den Flußläufen vor (river-fosfate) und wird durch Baggern gewonnen.

Der **Guano** ist ein Gemenge von phosphorsaurem Kalk mit stickstoffreichen Verbindungen, in den letzteren besteht sein hervorragender Wert als Düngemittel. In regenlosen Gegenden bedeckt der Guano große Flächen an den Meeresküsten und auf Inseln, er besteht aus den Resten der Nahrung und aus den Exkrementen der Seevögel. Die bekanntesten Fundorte sind diejenigen an den Küsten **Perus** und auf den vorgelagerten Eilanden, woselbst bis zu 10 m mächtige Ablagerungen vorkommen, die jedoch zur Zeit zum größten Teile abgebaut sind, außerdem findet sich Guano auf australischen Inseln. Die Einfuhr nach Europa hat zeitweise die Höhe von jährlich 200 000 t erreicht. Peruanischer Guano hat eine mittlere Zusammensetzung von 10—20 % Wasser, 55—65 % Ammoniaksalze, 17—19 % Stickstoff, 7—12 % Phosphorsäure, 3—10 % Alkalisalze und 22—35 % Asche.

In solchen Gegenden, in denen atmosphärische Niederschläge fallen, werden die löslichen Bestandteile des Guanos zum größten Teile wieder fortgeführt, und es bleibt das in der Hauptsache aus phosphorsaurem Kalk bestehende **Guanophosphat** übrig, welches als Rohmaterial für die Herstellung von Superphosphaten dient, jedoch dem eigentlichen Guano an Wert erheblich nachsteht. Die wichtigsten Gewinnungspunkte sind gewisse Inselgruppen des Stillen Ozeans und das Lager von **Mejillones** an der Küste Perus.

Der **Gips** gehört zu denjenigen Gesteinen, die eine einheitliche Zusammensetzung haben, er besteht aus schwefelsaurem Kalk mit 21 % Wasser und bildet im geschichteten Gebirge, in der Zechsteinformation z. B. am Südrande des Harzes, im Muschelkalk und Keuper in Thüringen, auch im älteren Tertiär (Montmartre bei Paris) große stockförmige Massen. Die Farbe ist weiß, ins Graue und Rötliche, die krystallisierten, durchsichtigen und gut in Platten spaltbaren Massen nennt man **Gipsspat, Frauen- oder Marienglas**, auch faserige Massen (**Fasergips**) kommen vor, doch ist der Gips meistens fein- bis grobkörnig. Der rein weiße wird unter der Bezeichnung **Alabaster** besonders in Italien zu kleinen Kunstgegenständen verarbeitet, die eine schöne Politur annehmen, aber wegen der geringen Härte leicht unansehnlich werden. Letztere und der Umstand, daß Gips mit Säuren nicht braust, ist das einfachste Unterscheidungsmerkmal von Kalkstein. Da Gips leicht in Wasser löslich ist, bei gewöhnlicher Temperatur 1 Teil in 420 Teilen Wasser, so findet er sich fast überall in geringen Mengen im Wasser gelöst und wird dort, wo die Sickerwässer seine natürlichen Ablagerungen erreichen, langsam aber beständig gelöst; so entstehen die **Gipshöhlen oder Gipsschlotten**, die z. B. am Süd- und Ostrande des Harzes bekannt sind und durch den Mansfelder Kupferschieferbergbau, wie bei seiner Schilderung bereits erwähnt, in großer Erstreckung aufgeschlossen werden. Auch Zusammenbrüche solcher Höhlen und in der Folge entstandene Erdfälle (trichterförmige Einstürze) sind mehrfach nachgewiesen.

Gips wird seltener, so in der Gegend von Paris, als Baustein benutzt; wesentlich wichtiger ist seine technische Verwendung als gebrannter Gips, im Handel auch **Gipskalk** genannt. Beim Brennen, das in besonders konstruierten Öfen bei einer Temperatur von 90—100° vorgenommen wird, verliert der Gips etwas mehr als die Hälfte seines Wassergehaltes. Der so gebrannte, fein gemahlene und gesiebte Gips hat die Eigenschaft, mit wenig Wasser zu Brei angerührt, schnell zu erhärten, dabei wird das Volumen etwas vergrößert, aber nur wenig Wärme entwickelt. Wird der Gips erheblich höher, etwa bis 200°, erhitzt, so verliert er seine schnell bindende Eigenschaft, er ist totgebrannt, jedoch bindet er, wenn man das Brennen noch weiter und zwar bis zu einer Temperatur von 400° fortsetzt, mit Wasser sehr langsam zu einer äußerst harten Masse ab (Mauergips).

Die Verwendung des Gipses zu Mörtel ist sehr alt; so ist z. B. die Cheops-Pyramide damit aufgeführt; auch heute noch wird Gips vielfach im Inneren von Gebäuden verwendet als Stuck, als Deckenputz, zu Gipsdielen, zu Estrich und Beton. Die Anwendung zum Formen und Gießen ist ganz außerordentlich verbreitet, ebenso diejenige als landwirtschaftliches Düngemittel.

Die härteren der mineralischen Schleifmittel gehören in die Klasse der Edelsteine und sind im letzten Abschnitte behandelt worden; besonders werden Diamant und Korund — in den unreinen Abänderungen Bort und Schmirgel genannt — und auch Granat verwendet. Der so überaus häufige Quarz dient ebenfalls als Schleifmittel.

Zum Glätten und Polieren weicherer Stoffe wird der natürliche Bimsstein benutzt; geologisch ist er ein Produkt vulkanischer Thätigkeit und zwar eine glasige Lava, die wegen eines sehr hohen Gasgehaltes porös, feinblasig, fast schaumig erstarrt ist. Das spezifische Gewicht beträgt infolge der vielen Hohlräume nur 0,9 und sinkt selbst bis 0,4, so daß Bimsstein auf dem Wasser schwimmt. Der bedeutendste Fundort sind die Liparischen Inseln, die aus typischen Vulkanen bestehen und im Stromboli einen z. B. beständig thätigen Vulkan aufweisen, sie liegen nordöstlich von Sizilien etwa auf der Verbindungslinie zwischen Ätna und Vesuv. Auf der Hauptinsel Lipari werden in sehr einfacher Weise jährlich mehr als 5000 t Bimsstein gewonnen, man gräbt in die Hänge der Berge (Monte Chirica, Monte Pelato und Campo Bianco) offene Gruben und stollenartige Löcher und liest, solange der Boden standfest bleibt, aus dem vulkanischen Material den Bimsstein aus. Die Preise sind nach der Feinheit und Gleichmäßigkeit des Kornes sehr verschieden und steigen von 10 Lire bis zu 900 Lire (1 Lire ist gleich 80 Pfg.) für die Tonne; die allerfeinsten Sorten sollen noch wesentlich höhere Preise erzielen. Der Bimsstein wird von Lipari überall hin ausgeführt und zum Abschleifen von Metall, Holz, weicheren Gesteinsarten u. s. w. verwendet. Aus dem gepulverten, dann gesiebten und geschlämmten Steine wird Bimssteinpapier und -Leinwand gefertigt. Neuerdings wird auch am Pic von Teneriffa Bimsstein gewonnen. In industriereichen Gegenden wie am Niederrhein wird grober Bimsstein auch als Baustein verwendet.

Die Bimssteinsande und -Tuffe der Eifel, namentlich der Umgebung des Laacher Sees, werden dort Traß genannt und dienen mit Kalk gemengt zur Herstellung künstlicher Bausteine, der sogenannten Schwemmsteine, auch bilden sie ein gutes Material für Zemente. In letzterer Beziehung haben auch die schon von den Römern und Griechen benutzten Ablagerungen bei Puzzuoli und Neapel, welche von dem ersteren Orte den Namen Puzzolane erhielten, bedeutenden Ruf. Es sind dort sehr ausgedehnte unterirdische Steinbrüche entstanden, und das wertvolle Erzeugnis wurde auf Seeschiffen weithin verfrachtet.

Kurz möge noch der Mühlsteinlava von Niedermendig am Laacher See gedacht werden. Dort bildet festere vulkanische Lava unter dem Traß weithin sich erstreckende Decken, die in ihrem tiefergelegenen Teile bei blasiger Struktur eine dicksäulige Absonderung zeigen. Schon in vorgeschichtlicher Zeit wurde dieses Gestein zu Mühlsteinen verwendet, wozu es besonders geeignet ist, da es sich bei der Gewinnung leicht bearbeiten läßt, später aber bei Zutritt der Luft außerordentlich hart wird, außerdem schleifen sich die Steine nicht glatt, sie bleiben rauh und sind deshalb besonders geschätzt. Der Betrieb findet von kleinen Schächten aus unterirdisch statt, es werden entweder ganze Mühlsteine gewonnen, oder dieselben werden aus einem Mittelstück und 6 oder 8 Randstücken zusammengesetzt und dann mittels eiserner Reifen umbunden.

Die Infusorienerde, auch Bergmehl, Kieselguhr genannt, besteht aus den Kieselpanzern sehr kleiner Lebewesen, Diatomeen, sie bildet ausgedehnte Lager von zum Teil vielen Metern Mächtigkeit; bald ist sie ganz locker, sandig, bald fester, ähnlich wie die Kreide. Die Farbe reiner Infusorienerde ist weiß, durch mehr oder weniger Beimengung von Thonerde geht sie ins Gelbliche oder in Grau über. Es sind namentlich zwei Eigenschaften, welche die Infusorienerde für die Technik wertvoll machen, und zwar die außerordentlich hohe Auffaugefähigkeit (z. B. nimmt sie bis zum fünffachen ihres Eigengewichtes im trockenen Zustande an Wasser auf) und ihr schlechtes Wärme-

leitungsvermögen, welches durch die Porosität bedingt ist. Dazu kommt, daß die Infusorienerde chemisch sehr indifferent und völlig unverbrennbar ist. Die bekannteren Ablagerungen befinden sich bei Oberohe im südlichen Teil der Lüneburger Heide, in der Nähe des Laacher Sees, im Vogelsgebirge u. s. w. In manchen Hafenorten ist beobachtet worden, daß noch jetzt die Bildung und Anhäufung derartiger mikroskopischer Organismen mit Kieselpanzern stattfindet. Die Aufsaugefähigkeit der Infusorienerde wird z. B. benutzt, um den flüssigen Sprengstoff Nitroglycerin in einen festen plastischen, das Guhrdynamit, zu verwandeln, als Wärmeschutzmasse zur Umhüllung von Dampfleitungen und Dampfkesseln begegnen wir der Kieselguhr vielfach auch im Bergbau, die sonstige Anwendung in der Technik ist außerordentlich vielseitig, z. B. als Filtriermaterial, zur Verpackung gefährlicher Flüssigkeiten wie scharfer Säuren beim Transporte; das Schutzmittel gegen die Phylloxera (Reblaus) der Weinreben besteht aus Infusorienerde getränkt mit Schwefelwasserstoff. Aus geschlämmter Kieselguhr wird auch ein vorzügliches Putzmittel für feine Metallgegenstände hergestellt. Und so ließen sich noch viele Beispiele für die Verwendung der Infusorienerde anführen.

Der Glimmer, welcher als gesteinbildendes Mineral sehr verbreitet ist, kommt ebenfalls für viele Gewerbe als Material in Betracht und zwar in zwei Formen, gepulvert und in Platten. Die letzteren sind das wertvollste Produkt, denn das Kilogramm wird je nach der Größe der Platten mit 10—100 Mark am Produktionsorte bezahlt, es sind daher diejenigen Vorkommen die wertvollsten, wo der Glimmer in großen Krystallen auftritt, die sich leicht spalten lassen. In den kanadischen Gruben hat man einen Krystall von 140 kg Gewicht gefunden, der für 10 000 Mark Glimmer in Platten lieferte.

Es sind neben der Durchsichtigkeit, welche für manche Zwecke wesentlich ist, die außerordentlich gute Spaltbarkeit, die Biegsamkeit, die Widerstandsfähigkeit gegen Wasser und hohe Wärmegrade und endlich seine Eigenschaft, die Elektrizität nicht zu leiten, welche den Glimmer zu einer wertvollen Handelsware machen.

Als Produktionsländer kommen namentlich die Vereinigten Staaten von Nordamerika und zwar Nord-Carolina und New-Hampshire, ferner Kanada (Provinz Quebec) und Ostindien in Betracht, kleinere Mengen liefern auch Norwegen und Sibirien. Es werden vorwiegend der fast weiße Kaliglimmer oder Muscowit, der gelbliche Magnesiaglimmer oder Phlogopit, seltener der dunkle Magnesiaeisenglimmer oder Biotit verwendet. Die großen Glimmerkrystalle kommen in grobkrystallinischen Granuliten und Graniten (Pegmatit oder Riesengranit) vor, die gangförmig in anderen Gesteinen auftreten; die Glimmergruben in Kanada haben bereits 60 m, diejenigen Nord-Carolinas bis 120 m Tiefe erreicht. Das Gestein wird unter thunlichster Schonung der Glimmerkrystalle durch Schießarbeit gewonnen, der ausgelesene Glimmer wird gefördert, über Tage gespalten und mittels feststehenden Scheren nach Schablonen geschnitten, die feinsten Glimmerblätter haben gewöhnlich 0,25 mm, bisweilen nur 0,025 mm Dicke. Auf diese Weise können dem Gewichte nach von der gesamten Förderung nur etwa 5—10% verwendet werden, das übrige ist Abfall und kommt neuerdings als gemahlener Glimmer in den Handel. Die Zerkleinerung ist wegen der Zähigkeit des Materials äußerst schwierig und findet auf Steinmühlen unter Wasserzufluß statt. Der gepulverte Glimmer kostet 40—50 Pfennige das Kilogramm und wird als Streusand, als Zusatz zu Schmiermitteln für stark beanspruchte Lager und als Beimengung zu Isoliermasse für elektrische Zwecke verwendet, auch zu Verzierungen z. B. auf künstlichen Blumen, als glänzender Haarpuder kommt er in den Handel, ferner verbraucht die Papierindustrie große Mengen und zwar das gröbere Korn zur Herstellung flimmernden, das feinste Korn zu atlas- und metallglänzenden Papieren. Die Glimmerplatten dienen zum Verschluß der Schaulöcher in metallurgischen Öfen, als Einsätze für Stubenöfen, ferner an Stelle von Glas zum Verschluß von Laternen, zu Lampencylindern und zu den bekannten Rußfängern über den Lampen. In neuester Zeit ist der Verbrauch an feinen Glimmerplatten zur Isolation in der Elektrotechnik in stetem Wachsen begriffen.

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika erzeugten im Jahre 1894 5000 kg Glimmer in Platten zum durchschnittlichen Preise von 2 Dollar 20 Cent und außerdem

400 000 kg gepulverten Glimmer und Glimmerabfälle zum durchschnittlichen Preise von 85 Cent. Kanada exportierte im Jahre 1892 für 150000 Dollar Glimmer.

Ähnliche Eigenschaften, wie diejenigen des Glimmers sind es, die den Asbest zu einem geschätzten Minerale gemacht haben; er läßt sich in sehr feine, der Wolle und Baumwolle ähnliche Fasern zerteilen, ist (wenigstens zum Teil, s. w. u.) säurebeständig, auch unverbrennbar, doch leidet die Weichheit der Faser durch zu hohe Wärme, Asbest wird dadurch spröd und läßt sich dann leicht pulvern, auch in dieser Form wird er für gewisse Zwecke verwendet. Schon im alten Rom waren bei der Verbrennung vornehmer Personen Leichentücher von Asbest (linum vivum) in Gebrauch, welche die Asche der Toten zusammenhielten.

Unter dem Namen Asbest kommen zwei verschiedene Mineralien in den Handel, nämlich Amiant oder Hornblendeasbest, derselbe gehört zu den wasserfreien Silikaten, ist säurebeständig und wird namentlich in Sondrio in Oberitalien und im Gasteiner Thale bei Lendgastein gewonnen, die zweite, wasserhaltige Verbindung heißt Chrysotil oder Serpentinasbest, er ist nicht säurebeständig, zeichnet sich aber durch große Elastizität der Faser aus, der Hauptfundort ist Montreal in Kanada, woselbst die Produktion bis 10000 t jährlich betragen hat, die Preise schwanken außerordentlich, nicht nur nach Angebot und Bedarf, sondern namentlich nach der Länge und Zartheit der Fasern, unter denen wieder die rein weißen am wertvollsten sind. Im Jahre 1893 kostete 1 t bester Asbest, rein weiße bis 15 und 30 cm lange Faser, 500 Mk.; doch ergibt sich von dieser Güte nur etwa 1,5 % der ganzen Masse, übrigens müssen im Durchschnitt 100 t Gestein durch Steinbruchbetrieb gewonnen werden, um 1 t verarbeitbaren Asbest zu erhalten, da derselbe nur in schwachen Lagen und wenig mächtigen Gängen im Hornblendeschiefer und Serpentin vorkommt.

Langfaseriger und kurzfaseriger Asbest wird getrennt verarbeitet, der erstere wird auf Rollquetschen zerdrückt und dann auf einem Siebe mit Öffnungen von 2 qcm Größe gesiebt, hierbei bleibt die zum Verspinnen geeignete Faser auf dem Siebe, der Durchfall wird zur Herstellung von Asbestpappen (Milboards genannt) verwendet. Kurzfaseriger Asbest wird unter leichten Pochwerken (vergl. den Abschnitt über Erzaufbereitung) zerkleinert, in geneigten Gerinnen setzen sich die Fasern ab, während der Asbestschlamm in Absatzkästen gesammelt wird, etwa vorhandene Gesteinsteile bleiben im Pochwerk zurück und werden von Zeit zu Zeit ausgehoben. Die Asbestfasern machen auf Vorkrempelmaschine, Kardenwalze und Finisher (Endiger) eine ähnliche Verarbeitung durch wie die Wolle und Baumwolle und werden dann auf Spinnmaschinen zu Garn versponnen und auf Seilmaschinen zu Litzen und Seilen zusammengeschlagen. Aus den feinsten Fasern hat man versuchsweise feine Gewebe, ja sogar Spitzen hergestellt. Der Asbestschlamm und die kurzen Fasern werden auf Maschinen, die denen zur Pappefabrikation sehr ähnlich sind, gewöhnlich unter Zusatz von Wasserglas zu Asbestpappen verarbeitet. Nach dem Abnehmen der Bogen und Pappen werden dieselben, unter Zwischenlegen von feinem Messingdrahtnetz, einige Stunden sehr hohem Druck ausgesetzt und dann in besonderen Trockenkammern getrocknet; je nach dem angewendeten Druck und der Menge des zugesetzten Wasserglases klingen die Milboards wie Pappen oder wie Metallplatten, sie werden namentlich zu Dichtungsringen verwendet. Asbeststoffe werden zu Theaterdekorationen, auch zu Anzügen für Arbeiter, die hohen Wärmegraden ausgesetzt sind, benutzt, Hornblendeasbest dient wegen seiner Säurebeständigkeit zu chemischen Filtern. Da Asbest die Wärme schlecht leitet und unverbrennlich ist, wird er zu Isoliermassen und Anstrichfarben verarbeitet und da auch seine Leitungsfähigkeit für Elektrizität eine schlechte ist, vielfach zu elektrischen Isolierungen verwendet. In der neuesten Zeit sind die Asbestpreise, wohl infolge der Entdeckung reicher Lagerstätten auf der Insel Neufundland, sehr gefallen, so daß 1 kg Asbestpappe (das ist z. B. das Gewicht einer 1 mm starken Platte von 1 qm Größe) im Großverkauf nur noch 30 Pfg. kostet.

Für die Porzellanindustrie wird Feldspat, sowohl der Natronfeldspat als auch die leichtflüssigeren Kalifeldspäte, in großen Mengen verwendet. So produzieren die Vereinigten Staaten von Nordamerika, besonders zu Trenton, New-Jersey und zu

East Liverpool, Ohio, ferner Norwegen und Böhmen erhebliche Mengen, der Preis schwankt am Erzeugungsorte zwischen 10 und 20 Mk. für die Tonne. Die in den Riesengraniten vorkommenden Feldspatausscheidungen werden meistens steinbruchartig gewonnen, doch findet in Nordamerika auch der bergmännische Abbau von Riesengranitgängen statt, wobei Feldspat, Quarz, Glimmer und außerdem noch der miteinbrechende Korund vielfache Verwendung finden.

Ein anderes in selbständigen Lagern vorkommendes Mineral, der Magnesit, kohlensaure Magnesia, wird zur Zeit in der Industrie mehrfach verwendet und in größeren Mengen gewonnen, so bei Frankenstein in Schlesien, Krubschitz in Mähren, an mehreren Orten in Steiermark, zu Snarum in Norwegen. Die Magnesia (Magnesiumoxyd), welche aus dem Magnesit durch Brennen erhalten wird, ist äußerst feuerbeständig, sie schmilzt nur im Knallgasgebläse und wird daher zu feuerfesten Schmelztiegeln und Ziegeln, als sogenanntes basisches Futter bei vielen Schmelzprozessen, namentlich bei dem für die Eisenindustrie so wichtigen Gilchrist-Thomas-Verfahren zur Entphosphorung des Eisens verwendet. Der Magnesit dient ferner, ebenso wie die auf den Kalisalzlagerstätten mit vorkommenden Magnesiumsalze, als Rohmaterial für die Darstellung der Magnesiumverbindungen und des metallischen Magnesiums.

In der kleinen Gruppe derjenigen Mineralien, die auf echten Mineralgängen vorkommen und, ohne zu den Erzen zu gehören, in ziemlich großen Mengen abgebaut werden, gehören der Schwerspat oder der Baryt, der Flußspat oder der Fluorit und der Strontianit.

Der Schwerspat, chemisch schwefelsaurer Baryt, ist in reinem Zustande durchsichtig oder schneeweiß, er krystallisiert häufig in rhombischen Tafeln und hat den Namen von dem hohen spezifischen Gewichte, welches etwas über 4 beträgt. Er kommt an vielen Orten in bis zu 3,0 m mächtigen Gängen vor, so bei Brückenau in der Rhön, bei Saalfeld, Sangerhausen und Schweina in Thüringen, in Frankreich im Departement Ariège am Nordabhang der Pyrenäen, in den Staaten Virginia und Missouri der Vereinigten Staaten von Nordamerika, die Produktion beträgt hier 20—30000 t jährlich zum Preise von 16—20 Mark. Bei Fleurus in Belgien wird ein 10 m mächtiges Lager von Schwerspat abgebaut; auch im Thonschiefergebirge Westfalens bildet er Lager von zum Teil mehr als 30 m Mächtigkeit.

Man könnte, wenn man an die früheren Zeiten denkt, den Schwerspat fast ein übel beleumundetes Mineral nennen, denn es soll Zeiten gegeben haben — unsere Nahrungsmittel-Chemie und die behördliche Aufsicht über die Verfälschung der Nahrungsmittel befanden sich damals noch in ihren Anfängen — als man gemahlenen Schwerspat dem Mehle zur Beschwerung zusetzte. Diese Zustände sind für Deutschland sicherlich vorüber, und die bedeutenden Mengen an Schwerspat, die heute gewonnen werden, dienen gemahlen und geschlämmt unter dem Namen „Permanentweiß“ oder „Blanc fixe“ als gesuchte weiße Farbe, die vielen Einflüssen gegenüber unveränderlicher ist als Bleiweiß; sie wird zum Beispiel in der Papier- und Glanzpappenindustrie vielfach verwendet. Schwerspatpulver wird auch und zwar in sehr hohen Prozentsätzen dem künstlichen Ultramarin beigemischt, das ohne diesen Zusatz nicht blau, sondern schwarz erscheinen würde.

In der chemischen Industrie bildet das aus Schwerspat hergestellte Baryumchlorid, das als Reagens auf Schwefelsäure bekannt ist, den Ausgangspunkt für die Herstellung einer Anzahl von Baryumverbindungen, von denen die folgenden die interessantesten und wichtigsten sein dürften: Der Bologneser Leuchtstein ist Baryumsulfuret und besitzt die auffallende Eigenschaft, nach starker Belichtung im Sonnenlichte einige Zeit im Dunklen mit gelblichem Lichte zu leuchten, zuweilen wird diese Verbindung als sogenannte Leuchtfarbe zum Anstrich verwendet. Baryumnitrat färbt die Flamme grün und wird daher in der Feuerwerkerei als Grünfeuer benutzt. Das Baryumsuperoxyd dient zur Sauerstoffgewinnung aus der atmosphärischen Luft und als Rohstoff für die Darstellung des als Bleichmittel wichtigen Wasserstoffsuperoxydes. Barytgelb und Barytgrün sind als Mineralfarben geschätzt.

Flußspat oder Fluorit besteht aus Fluorcalcium und ist überhaupt das häufigste fluorhaltige Mineral; er kommt in schönen Krystallen meistens in Würfelform vor, dagegen spaltet er nach den Oktaederflächen. Die Farbe ist zuweilen weiß, doch ist auch gelber, grüner und blauer Flußspat häufig, sind die Farben satt und die Stücke durchsichtig, so wird er wohl auch als Schmuckstein verschliffen (s. den Abschnitt Edel- und Schmucksteine). Flußspat kommt auf Mineralgängen mit anderen Mineralien und Erzen vergesellschaftet vor, er bildet aber auch selbständige zum Teil sehr mächtige Gänge, so z. B. bei Neudorf am Harz und bei Schönbrunn in Sachsen. An beiden Orten wird Flußspat bergmännisch gewonnen; er dient als Rohmaterial für die Darstellung der Flußsäure, deren ätzende Eigenschaft bekannt ist, und ihrer künstlichen chemischen Verbindungen, ferner ist Flußspat leicht schmelzbar und wird — daher auch sein Name — als Flußmittel bei manchen hüttenmännischen Prozessen verwendet, bei denen schwerflüssige Erze zu verarbeiten sind. Der Preis für 1000 kg schwankt je nach der Reinheit zwischen 100 und 150 Mark.

Der Strontianit, benannt nach seinem zuerst bekannt gewordenen Vorkommen auf Bleierzgängen bei Strontian in Schottland, besteht aus kohlensaurer Strontianerde. Er ist zwar auf einzelnen Erzgängen als seltene Gangart bekannt, kommt jedoch in größeren Mengen nur in einer Gegend vor, nämlich in den Kreideschichten zwischen Hamm und Münster, und zwar auf unregelmäßig entwickelten Gängen als stengeliges Mineral zusammen mit Kalkspat. Früher diente er, da Strontiansalze die Flamme schön rot färben, neben dem auch nicht häufigen Cölestin (schwefelsaure Strontianerde) fast nur für die Feuerwerkerei und wurde in Westfalen lediglich durch Kleinbetrieb gewonnen. Erst als nach 1871 das Verfahren der Zuckergewinnung aus der Melasse fabrikmäßig eingeführt wurde, erhielt auch die Strontianitgewinnung größere Bedeutung, so daß man seit dieser Zeit zu regelmäßigem Bergbaubetrieb übergegangen ist. In den achtziger Jahren wurde etwa mit 1200 Arbeitern gearbeitet, und die jährliche Produktion hat etwa 30000 Doppelzentner zum Preise von ungefähr 20 Mk. betragen. In neuerer Zeit hat jedoch ein Rückgang in der Produktion durch den Import englischen und sizilianischen Cölestins stattgefunden. Letzterer wird zusammen mit dem Schwefel gewonnen.

In der Farbenindustrie spielen neben den künstlich hergestellten auch natürliche Mineralverbindungen (Erdfarben, Farberden) eine bedeutende Rolle, sie müssen sämtlich durch Mahlen, Sieben und Schlämmen, zum Teil auch durch Glühen zur Benutzung vorbereitet werden.

Die wichtigsten hier in Frage kommenden mineralischen Rohstoffe sind die folgenden: Weiße Erdfarben liefern die Kreide, weiße Thone, die Talkerde, welche aus kieselsaurer Magnesia besteht, und der weiter oben schon besprochene Schwerspat. Gelbe Farben geben die Ocker, die vorwiegend Eisenoxydhydrat sind und in gelben Thon übergehen, einer der bekanntesten dieser Ocker führt nach dem Fundorte den Namen Amberger Gelb. Durch Glühen gehen viele dieser gelben Verbindungen in gelbrote und rotbraune über. Das thonige Eisenoxyd, mineralogisch Bolus, im Handel Caput mortuum genannt, gibt die bekannte blutrote Farbe. Besonders häufig sind braune Farberden. Zu den gebräuchlichsten gehören Terra di Siena und Umbra, auch kölnische Umbra oder Kasselerbraun. Sie bestehen aus Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, häufig mit kieselsauren Eisenverbindungen und Thon gemengt, auch erdige Braunkohle wird verwendet. Von den grünen Erdfarben bestehen die stumpferen Töne aus Eisenoxydulverbindungen; das wasserhaltige kohlensaure Kupferoxyd liefert als Malachit die schönsten Farbtöne, darunter Smaragdgrün, auch Kupfergrün genannt. Auch die wichtigste natürliche blaue Mineralfarbe, Kupferlasur oder Kupferblau ist ein Karbonat des Kupfers, während der Vivianit oder Eisenblau aus phosphorsaurem Eisenoxyd besteht. Der in der Ölmalerei früher sehr geschätzte Lasurstein (lapis lazuli, ein Silikat des Natrons und der Thonerde) kommt der großen Seltenheit und des hohen Preises wegen nur wenig in Betracht. Schwarze Farben werden aus Graphit und schwarzem Thonschiefer hergestellt.

Edelsteine und Schmucksteine.

Vorkommen, Eigenschaften und Verwendung.

Die Mineralien, deren Gewinnung bis jetzt besprochen und an einzelnen Beispielen erläutert worden ist, sind wegen ihrer chemischen Zusammensetzung oder ihrer physikalischen Eigenschaften für Gewerbe und Industrie unentbehrlich, es ist der materielle Wert fast ausschließlich, der bei ihnen in Frage kommt, auch bietet uns die Natur diese Stoffe in verhältnismäßig großen Mengen und an vielen Orten dar. Das schließt natürlich nicht aus, daß einzelne Stücke, welche sich durch besonders schöne Farbe, Regelmäßigkeit oder Größe der Krystallform auszeichnen, oder deren Vorkommen an und für sich ein äußerst seltenes ist, für Mineraliensammler Liebhaberwert — also ideellen Wert haben. Und wer einmal eine gut aufgestellte Mineraliensammlung besichtigt hat, wird zugeben müssen, daß die Mineralien an Schönheit und Mannigfaltigkeit der Form und der Farben der Tier- und Pflanzenwelt nicht nachstehen, und daß sie eine Eigenschaft besitzen, die nur wenigen anderen Stoffen, z. B. den Konchylien, in gleichem Maße zukommt, die fast unbegrenzte Dauer. Dies ist ein wesentlicher Grund, weshalb sich auch in Kreisen von Nichtfachleuten so viele Liebhaber des Mineralreiches finden. Eine Mineraliensammlung braucht zu ihrer guten Erhaltung nur eine trockene und staubfreie Aufbewahrung.

Die Edelsteine und Schmucksteine, wenn auch letztere nur in zweiter Linie, nehmen im Reiche der unorganischen Welt dadurch eine bevorzugte Stelle ein, daß ihr Wert ganz allgemein nach den Gesetzen der Schönheit und Seltenheit beurteilt wird, freilich redet hierbei die launige Herrin Mode auch ein wesentliches Wort mit. Das Wertverhältnis der verschiedenen Edelsteine zu einander ist daher kein auf die Dauer feststehendes. So hat es Zeiten gegeben, zu denen der Diamant der bei weitem bevorzugteste Edelstein war, während gerade jetzt die farbigen Steine: Rubin, Smaragd, Saphir in schönen Exemplaren fast noch mehr geschätzt sind. Hierzu mag wohl der Umstand erheblich beigetragen haben, daß der Diamant heute eigentlich nicht mehr selten ist, nachdem seit Jahren regelmäßig sehr große Mengen dieses Edelsteins aus Südafrika überallhin ausgeführt werden. Immer aber ist es ein ideeller Wert, der den Edelsteinen gern zugestanden wird, denn ein materieller Wert ist bei den meisten nicht vorhanden, bestehen doch gerade die geschätztesten Edelsteine aus den in der Natur am häufigsten vorkommenden chemischen Elementen, so der Diamant aus Kohlenstoff, Rubin und Smaragd aus Thonerde, die Gruppe der Quarze und Chalcedone aus Kieselsäure, die meisten anderen aus kieselsauren Verbindungen der häufigsten Metalle. Von selteneren Stoffen enthalten der Zirkon die Zirkonerde und der Beryll, Chrysoberyll und Phenakit die Beryllerde.

Die Edelsteine gleichen in dieser Beziehung den durch Menschenhand geschaffenen Kunstwerken um so mehr, als auch sie in den meisten Fällen einer gewissen Bearbeitung, des Schliffes, bedürfen, damit ihre Schönheit, insbesondere Glanz, Farbe mit Lichtbrechung voll zur Geltung gelangen.

Was das Vorkommen der Edelsteine betrifft, so werden die allermeisten in den Verwitterungsprodukten anderer Gesteine, die wir Trümmerlagerstätten oder Seifen nennen, gefunden. Diese bedecken entweder die Gesteine, aus denen sie sich bilden, oder sie erfüllen nach weiterem Transport durch das Wasser die Flußthäler, zum Teil sind sie auch von jüngeren Bildungen überlagert worden. Die ursprünglich in den anstehenden Gesteinen als Krystalle eingewachsenen Edelsteine lösten sich zwar aus dem Zusammenhange, fielen aber, infolge ihrer großen Härte und Unangreifbarkeit der Zerkleinerung nicht in dem Maße anheim, wie die anderen Bestandteile, auch werden sie wegen ihres höheren spezifischen Gewichtes nicht so schnell vom Wasser fortgeführt, wie die leichteren Mineralien. Wir finden die Edelsteine also meistens nicht an dem Orte ihrer Bildung, sondern durch die natürlichen Vorgänge aus dem Gestein, welches sie früher umgab, dem sogenannten Muttergestein, herausgeschält, ja bei sehr vielen Edelstein-

vorkommen ist uns das letztere unbekannt. Die Fälle, in denen wir Edelsteine in ihrem Muttergestein finden, sind äußerst selten, so sind z. B. die südafrikanischen Diamanten in tuffartigen Gesteinen eingewachsen, Topas, Turmalin und Granat kommen zwar außer in Seifen auch als Bestandteile von Gesteinen vor, doch überwiegen unter den schleifwürdigen Steinen ganz erheblich die in Seifen gefundenen. Von den eigentlichen Edelsteinen finden wir den Smaragd nur in seinem Muttergestein (Glimmerschiefer oder Kalkstein); auch die Mineralien der Quarzgruppe, einschließlich der Chalcedone, der edle Opal und auch der Türkis werden am Orte ihrer Entstehung gewonnen, und zwar die kryſtallisierten Quarze auf Gängen in den älteren Gesteinen, die Chalcedone in kleineren Hohlräumen, sogenannten Mandeln, die Opale und Türkise auf feinen Spalten der jüngeren Eruptivgesteine.

Es sind ganz bestimmte Eigenschaften, die ein Mineral besitzen muß, damit dasselbe als Edelstein anerkannt wird. Vor allen Dingen sind es die Härte und die Unveränderlichkeit äußeren Einflüssen, wie den Säuren und Alkalien, gegenüber, die den Edelsteinen ihren hohen Wert verleihen und wodurch sie sich vorteilhaft vor den sonst zum Schmuck verwendeten Stoffen auszeichnen.

Die Korallen, die Perlen und die Perlmutterschale, das Elfenbein, das Schildpatt, auch die Metalle Gold und Silber sind sämtlich verhältnismäßig weich und verlieren im Gebrauch leicht ihre Schönheit. Je härter ein Edelstein im Vergleich zu denjenigen Gebrauchsgegenständen ist, mit denen er etwa in Berührung kommt, um so unveränderter erhält sich sein Glanz und seine Politur, während weichere Steine und minderwertige Nachahmungen bald, namentlich an den Kanten Abnutzung zeigen und blind und unansehnlich werden.

Man teilt die Edelsteine nach der allgemeinen Wertschätzung, die sie genießen, in Gruppen ein. Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß große und besonders schöne Stücke eines an und für sich weniger geschätzten Steines oft im Werte ziemlich hoch stehen, und daß die Mode manchen Wechsel in der Bewertung hervorbringt. Auch darf nicht übersehen werden, daß das große Publikum eigentlich doch nur eine beschränkte Zahl von Edelsteinen kennt und nur diese kauft; es sind besonders bevorzugt: Diamant, Rubin, Saphir, Smaragd, Edelopal, erst in zweiter Linie Aquamarin, Topas, Türkis, Granat, Amethyst u. s. w., diese nennt man wohl auch Juwelen. Daher werden so häufig an und für sich seltene und wertvolle Steine nicht unter ihrem eigenen Namen verkauft, sondern mit Bezeichnungen, welche an die der oben genannten und allbekannten Steine erinnern. So kommen Turmalin, Cordierit, Cyanit, Chrysolith gewöhnlich nur dann in den Handel, wenn sie als Rubin, Saphir oder Smaragd untergeschoben werden können; Spinell wird als Rubin-Spinell oder Rubis balais verkauft, indischer Granat als Kaprubin, Hiddenit als Lithiumsmaragd u. s. w.

Erheblich niedriger im Wert werden die Schmucksteine geschätzt, sie kommen in der Natur häufiger vor, sind zum Teil undurchsichtig und haben die den Edelsteinen eigenen Vorzüge nur in geringerem Maße, vor allen Dingen sind sie weniger hart. Hierher gehören die verschieden gefärbten Abarten des Quarzes und Chalcedons, der Lasurstein, der Bernstein, Nephrit, Malachit und manche andere Mineralien, welche nur gelegentlich oder nur in gewissen Gegenden verarbeitet werden.

In die folgende allgemeine Besprechung der Edel- und Schmucksteine haben der Übersichtlichkeit wegen nur die häufigeren Aufnahme gefunden, während die hauptsächlichsten Eigenschaften der selteneren bei deren späterer gelegentlicher Erwähnung aufgeführt sind.

Das wichtigste und zur Unterscheidung am leichtesten benutzbare Kennzeichen der Edelsteine und Schmucksteine ist die Härte. Zur Prüfung dient die bekannte Mohssche Härteskala, und zwar kommen hier deren Glieder Diamant: Härte 10, Korund: Härte 9, Topas: Härte 8, Quarz: Härte 7 und Adular (Feldspat): Härte 6 in Betracht. Man versucht mit einer Ecke oder Kante des zu untersuchenden Steines die Probestücke der Härteskala zu ritzen und prüft das Ergebnis in Zweifelsfällen mit dem Vergrößerungsglase. Die Juweliere bedienen sich gewöhnlich nur einer harten Stahlfeile, diese greift den Adular gerade noch an, während der Quarz bereits die Feile abnutzt. Die zur Nachahmung von Edelsteinen benutzten künstlichen Gläser werden durch die Feile angegriffen, keines derselben erreicht den Härtegrad 6.

Ordnet man die häufigeren Edelsteine und Schmucksteine nach den Härtegraden, so ergibt sich folgende Reihe, in der die mineralogische Benennung der im Edelsteinhandel üblichen, beziehentlich den Farbenvarietäten vorangestellt ist:

Diamant		10
Korund	Rubin	9
	Saphir	9
Chrysoberyll		8½
Topas		
Spinell		8
Beryll	Smaragd	
	Aquamarin	7½
Zirkon	(Hyazinth)	
Granat	Pyrop	
	Almandin	
Cordierit		7
Turmalin		

Quarz	Bergkrystall	
	Amethyst	7
	Rauchquarz	
	Citrin	
Chalcedon	Achat	
	Karneol	6½
	Onyx u. s. w.	
Chrysolith		
Edler Opal		
Türkis		6
Nephrit		
Lasurstein		5½
Malachit		3½
Bernstein		2½

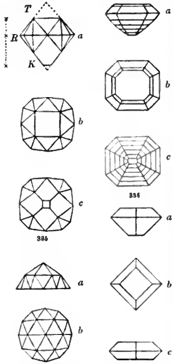
Als weiteres sehr wichtiges Kennzeichen kann das **spezifische Gewicht** der Edelsteine dienen, allerdings läßt es sich nur bei ungefaßten Steinen bestimmen, gleichgültig ob dieselben roh oder geschliffen sind. Da man jedoch wertvolle Steine stets ungefaßt kauft, um sie genauer prüfen zu können, so ist dieses Merkmal zur Unterscheidung häufig anwendbar. Die Gewichtsbestimmung mittels der **hydrostatischen Wage** läßt sich zwar einfach durchführen, doch ist ein solches Hilfsmittel wohl nur im Besitze größerer Edelsteinhändler, sehr häufig genügt die Anwendung einer schweren Flüssigkeit. Als solche wird jetzt am meisten das **Methylenjodid** vom spezifischen Gewicht 3,31 benutzt, durch Verdünnung mittels Benzol können Mischungen von beliebigem, aber bestimmtem geringeren Gewicht hergestellt werden. Derartige Zusammenstellungen einer Anzahl gut verschlossener weithalsiger Glasfläschchen, auf deren jedem das spezifische Gewicht der Flüssigkeit bis auf ein Zehntel genau angegeben ist, in dazu passendem Kästchen nebst kleiner Zange sind jetzt im Handel käuflich. Man legt den gesäuberten Stein in das Fläschchen mit reinem Methylenjodid und beobachtet, ob er darin schwimmt, also leichter ist, oder ob er darin untergeht. Ist er leichter, so kann man, nachdem der Stein sorgfältig abgetrocknet wurde, sein Eigengewicht durch Benutzung der verdünnten Flüssigkeiten genau genug bestimmen. Die nachfolgende Zusammenstellung der spezifischen Gewichte der am häufigsten im Edelsteinhandel vorkommenden Mineralien zeigt, daß diese Methode oftmals zur Bestimmung eines Steines ausreicht, besonders wenn man die übrigen Eigenschaften außerdem zu Hilfe nimmt.

Zirkon	4,6
Almandin-Granat	4,1
Saphir und Rubin	4,0
Pyrop (böhmischer Granat)	3,8
Malachit	3,7—4,1
Chrysoberyll	3,7
Spinell	3,6
Diamant	3,5
Topas	3,5
Chrysolith	3,4
Turmalin	3,1
Nephrit	3,0

Beryll	Smaragd, Aquamarin	2,7
Türkis		2,7
Quarz	Bergkrystall, Amethyst, Rauchquarz, Citrin	2,6
Cordierit		2,6
Chalcedon, Achat u. s. w.		2,6—3,6
Lasurstein		2,4
Edler Opal		2,0—2,3
Bernstein		1,08

Bei der Wertbestimmung eines Edelsteines spielt außer Größe und Farbe die **Reinheit und Durchsichtigkeit** eine hervorragende Rolle. Die geschätztesten Edelsteine sind mit alleiniger Ausnahme des Edelopales und Türkises, welche stets undurchsichtig sind, in vollkommen durchsichtigen, d. h. **wasserhellen** Stücken am wertvollsten. Alle Arten von Einschlüssen, seien es Luftbläschen, die, wenn sie sich häufen, **Wolken** bilden können, Kryställchen fremder Mineralien oder auch kleine Risse und Sprünge, Ungleichmäßigkeit der Farbe, verringern den Wert eines Steines erheblich. Hiervon gilt nur eine Ausnahme; es kommen zuweilen diese Einschlüsse in so regelmäßiger Weise vor, daß der

Stein einen ganz bestimmten Schiller und dadurch erhöhten Wert erhält, wie z. B. der Sternsaphir (s. unter Saphir) und das Katzenauge. Ferner ist die Stärke des Glanzes, welcher besonders nach guter Politur der Schleifflächen hervortritt, von großer Bedeutung für den Wert eines Steines. In engem Zusammenhange mit Durchsichtigkeit und Glanz wirkt das Lichtbrechungsvermögen, d. h. die Eigenschaft eines Steines, das weiße Licht in farbiges zerlegt zurückzustrahlen. Der Diamant besitzt das größte Brechungsvermögen, er erstrahlt im herrlichsten Farbenspiel, oder kunstgerecht ausgedrückt: er hat das schönste Feuer von allen Edelsteinen.



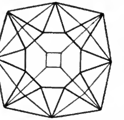
335—338. häufigsten Formen des Edelsteinschliffs.
335. Brillantschliff a von der Seite, b von oben, c von unten. — 336. Treppenschliff a von der Seite, b von oben, c von unten. — 337. Rosette a von der Seite, b von oben. — 338. Tafelschliff a Dickstein, b von oben, c Dünnstein.

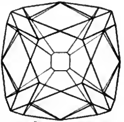
Was die Farbe anlangt, so gibt man einerseits den völlig farblosen Steinen (Diamant, Topas) anderseits aber den satt gefärbten den Vorzug, während lichte Farben weniger geschätzt sind. Von häufigeren Farben treten die folgenden auf: rot: Rubin, Spinell, Granat; blau: Saphir, Türkis, Lasurstein (die beiden letzteren sind undurchsichtig); grün: Smaragd, Chrysoberyll, Chrysolith, Malachit; gelb: Topas, Citrin, Bernstein; hellgrünlichblau: Saphir, Aquamarin, Topas; violett: Almandin, Amethyst; braun: Rauchquarz. Eine seltene Eigenschaft ist der Pleochroismus (Dichroismus), das heißt: ein Mineral zeigt bei der Betrachtung in kristallographisch verschiedenen Richtungen andere Farbentöne. Diese Erscheinung tritt besonders deutlich beim Chrysoberyll oder Alexandrit hervor, welcher in der einen Richtung rein grün, in der anderen rötlich erscheint; auch der Turmalin und der Cordierit zeigen zuweilen diese Eigentümlichkeit.

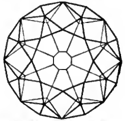
Die kurz geschilderten Eigenschaften der Edelsteine, Glanz, Durchsichtigkeit, Farbe, lassen sich an den in der Natur vorkommenden sogenannten rohen Steinen nur selten in vollkommener Weise beobachten, erst durch den geeigneten Schliff werden sie zur höchsten Geltung gebracht. Der Edelsteinschleifer muß den Eigenschaften der Steine Rechnung tragen, um danach die zweckmäßigste Form des Schliffes nach Lage der Flächen zur Kristallform zu wählen. Durchsichtige Steine werden in der Regel in Facettenform geschliffen, das heißt, die Oberfläche des Steines ist von regelmäßig angeordneten ebenen Flächen (Facetten) bedeckt, undurchsichtige oder trübe Steine, so der Edelopal und der Türkis, auch sehr dunkel gefärbte, wie der Granat, erhalten gewöhnlich eine gerundete Oberfläche, man sagt, sie werden mugelig oder en cabochon geschliffen.

Von den Schliffformen ist die geschätzteste der Brillantschliff (Abb. 335), er wird fast immer beim Diamanten, aber auch bei anderen durchsichtigen Steinen angewendet. In dieser Form geschliffene Diamanten werden auch kurz als Brillanten bezeichnet. Dem Brillantschliff liegt das Oktaeder zu Grunde, welches am Diamanten leicht durch Spaltung hergestellt werden kann, denn so befremdlich es auch klingen mag, der härteste aller Edelsteine läßt sich leicht spalten, wenn man durch Reiben mit einem zweiten Steine in der entsprechenden Richtung eine kleine Rille herstellt, dann ein stumpfes Messer in der richtigen Neigung aufsetzt und darauf einen kurzen aber kräftigen Schlag führt. Die Steinschleifer, welche die Lage der Spaltungsrichtungen nach der Kristallform be-

urteilen, stellen zunächst an dem rohen Stein die Oktaederflächen her, wobei jedoch wegen des späteren Anschleifens der Facetten keine scharfen Ecken und Kanten notwendig sind. Hierzu werden die Steine auf sogenannten Kittstöcken (Stäbchen von Holz oder Metall) mittels Kitt befestigt. Außer den Oktaederflächen geben zwei der Mittelebene R parallele Flächen, eine größere obere, die Tafel T, und eine erheblich kleinere, die Kalette K, welche durch Schleifen hergestellt werden, die Grundform für den Brillantschliff. Um die Tafel und Kalette herum werden die übrigen Flächen gruppiert, jedoch herrschen gewöhnlich die den Spaltrichtungen entsprechenden Flächen als die größten vor. Zahl und Anordnung der Facetten sind nach der Form des Rohsteines und der auf den Schliff verwendeten Sorgfalt verschieden. Die Abb. 339—341 geben einige Beispiele hierfür, die Kanten der oberen, um die Tafel gruppierten Flächen sind durch stärkere, die der unteren Flächen durch schwächere Linien angedeutet. Die rings um den Stein in der Mittelebene herumlaufenden Kanten R heißen auch die Rundiste oder der Fassungsrand, hier legen sich bei der Krabbenfassung die einzelnen Stifte, welche den Stein halten, an, sie lassen nur das Oberteil frei, während sie das Unterteil umgeben. Übrigens verlangt man bei einem vollendet gut geschliffenen Brillanten, daß die Höhe des Oberteils halb so groß als die des Unterteils ist und daß der Durchmesser der Tafel 5/9, derjenige der Kalette aber 1/9 des Durchmessers der Rundiste beträgt; auch opfert man gern etwas an Größe des Steins, um eine gute Form zu erhalten.


339. Sternschliff.


340. Älterer Brillantschliff.


341. Neuerer Brillantschliff.

339—341. Verschiedene Formen des Brillantschliffs.

Der Treppenschnitt (Abb. 336) ist eine veraltete Schliffform, die namentlich bei farbigen Steinen Anwendung fand. Die Kanten der Facetten, die gewöhnlich nach dem Vier-, Sechs- oder Achtseit angeordnet sind, laufen der Rundiste und den Begrenzungen der Tafel parallel.

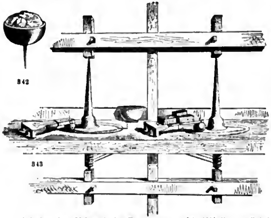
Als Tafelstein (Abb. 338) wurden früher namentlich solche Steine geschliffen, die nach einer Hauptrichtung vollkommen spalten. Die Spaltflächen ergeben dann die Tafel und die Kalette, welche beide erheblich größer werden als beim Brillantschliff. Solche Edelsteine sind: Smaragd und Topas. Je nach dem Verhältnis der Höhe des Steines zum Durchmesser an der Rundiste unterscheidet man wohl Dicksteine und Dünnsteine. Die Lichtwirkung der Tafelsteine ist keine günstige.

Rosetten oder Rauten (Abb. 337) haben eine ebene Unterfläche, die Oberfläche besteht aus lauter dreiseitigen Facetten, die gewöhnlich nach der Sechszahl angeordnet sind. Dieser Schliff gibt dem Steine einen sehr starken Glanz und wird für von Natur aus flache Steine angewendet. Besonders werden aber auch die Spaltstücke, welche bei der Vorbereitung größerer Diamanten für den Brillantschliff abfallen, in Rosettenform geschliffen. Auch der böhmische Granat (Pyrop) kommt vielfach in dieser Form vor; die Grundfläche ist entweder kreisrund, wie in der Abbildung, oval oder birnenförmig.

Cabochon-Form (der mugelige Schliff) kommt, wie oben bereits bemerkt, bei den undurchsichtigen und durchscheinenden Steinen (Türkis, Katzenauge, Opal) und bei durchsichtigen, aber sehr dunkel gefärbten Steinen, z. B. dem Granat vor. Die Unterseite ist eben, oder wegen Erhöhung des Glanzes auch ausgehöhlt, die Oberfläche ist allseitig gerundet, die Grundfläche kreisförmig oder oval.

Die nach den drei zuerst genannten Formen, dem Brillantschliff, Treppenschnitt und Tafelschliff geschliffenen Steine erhalten gewöhnlich **Krabbenfassung** (à jour-Fassung), welche den Stein nur an einzelnen Stellen am Rande (an der Rundiste) faßt, das Oberteil völlig freiläßt, dagegen das Unterteil zum Teil verdeckt, während Rosetten und mugeltge Steine im **Kasten** gefaßt werden, wie z. B. die Steine der Siegelringe. Bei durchsichtigen Steinen legt man wohl zur Erhöhung des Glanzes ein der Farbe des Steines entsprechendes dünnes Metallblättchen (Folie) in den Kasten; nachdem der Stein hierauf gelegt ist, werden die Ränder des Kastens an den Stein angedrückt, um ihn festzuhalten.

Das **Schleifen der Edelsteine** wird folgendermaßen ausgeführt. Der Rohstein wird je nach Umständen vorbereitet, entweder durch Spalten, wie Diamant, Smaragd, Topas, oder durch Zerschneiden mittels schnell umlaufender sehr dünner, an den Rändern mit einer Mischung von Olivenöl und Diamantstaub bestrichener Scheiben oder endlich bei minderwertigem Material, wie Granat, Achat durch Zerschlagen mittels kurzer Meißel und Hammer. Dann wird der Stein in der **Doppe** (s. Abb. 342), d. h. in einem kleinen halbkugeligen Schälchen mit Stiel aus Kupfer mittels Schnellotes (Legierung aus Zinn und Blei), welches schon bei etwa 135° C. erweicht, befestigt. Es geschieht dies so, daß man die mit Schnellot reichlich gefüllte Doppe über einer Flamme erwärmt, bis die Legierung weich wie Wachs wird; die Doppe wird dann schnell aus der Flamme entfernt, der Stein mit einem kleinen Zängelchen gefaßt und in die Metallmischung in richtiger Stellung hineingedrückt. Das Schleifen selbst wird auf wagerechten Metallscheiben ausgeführt, die in der Sekunde etwa 30 Umdrehungen machen und mit einem Gemisch von Olivenöl und Schleifmittel versehen sind, dieses besteht bei den härtesten Steinen aus Diamantstaub, bei weicheren aus Schmirgel oder in neuerer Zeit aus künstlich hergestelltem Carborundum. Die Doppen werden, wie die Abb. 343 zeigt, in einem kleinen Brettchen befestigt, und dieses wird auf dem die Schleifscheibe umgebenden Tische so festgelegt und durch Bleigewichte belastet, daß der Stein in richtiger Stellung gegen die Scheibe gedrückt wird. Hierbei ist ständige Beaufsichtigung nötig, damit die Facette gerade nur die richtige Größe erhält. Bei minderwertigen und kleineren Steinen erfolgt das Einstellen gegen die Schleifscheibe nach dem Augenmaß, bei größeren und wertvollen Steinen sind Hilfsmittel, wie Kreisbögen mit Gradteilung auf dem Schleiftische angebracht. Auf das Schleifen folgt dann noch das Polieren, welches auf weicheren (kupfernen) Metallscheiben und unter Anwendung weniger scharfer Mittel, z. B. Tripel, erfolgt. Dabei muß der Stein wiederholt in der oben beschriebenen Weise in der Doppe umgesetzt werden.



342. Befestigen des Steines in der Doppe. — 343. Schleifscheiben u. Gabel.

Es ist noch das **Gravieren** oder Schneiden der Steine zu erwähnen, hierzu werden gewöhnlich undurchsichtige oder durchscheinende Steine und namentlich solche verwendet, die aus fest miteinander verwachsenen, jedoch verschiedenfarbigen Lagen bestehen, wie Achat und Onyx, es dient die eine zur Darstellung der Zeichnung, die andere bildet die Unterlage. Ist die Gravierung vertieft, so nennt man einen derart geschnittenen

Stein **Gemme** oder **Intaglie**, ist die Zeichnung erhaben, **Kamee** (s. Abb. 381, S. 338). Derartige Steine haben nicht durch das verwendete Material, sondern lediglich als Kunstwerke einen zum Teil sehr bedeutenden Wert. Übrigens war schon im Altertume die Kunst, Steine zu schneiden, außerordentlich entwickelt, sie wurden sehr hoch geschätzt und dienten als Siegelsteine oder Amulette. Denn man schrieb den Edelsteinen damals vielfach geheime Kräfte zu, wie sie ja auch in unseren Sagen und Märchen als **Karfunkel** und in der Alchemie als **Stein der Weisen** eine bedeutende Rolle spielen. Das Gravieren wird in folgender Weise ausgeführt: Der Stein wird zunächst matt geschliffen und die Zeichnung mittels eines Metallstiftes vorgezeichnet, sodann werden seine eiserne Bohrer (**Zeiger** genannt) der verschiedensten Form durch eine wagerechte Welle in sehr schnelle Umdrehung versetzt und mit dem Schleifmittel versehen, welches mit Öl angerührt ist. Der auf einem Kittstock befestigte Stein wird an die Zeiger gedrückt und die Zeichnung hierdurch allmählich ausgearbeitet. Zuletzt verwendet man als feinste Bohrer Diamantsplitter, die entsprechend gefaßt sind.

Großartige Edelsteinschleifereien gibt es in Deutschland zu Oberstein und Idar in dem Oldenburgischen Fürstentum Birkenfeld, außerdem in Hanau, eine auch in Berlin; die letzteren verarbeiten vorwiegend Diamanten. Von ausländischen Schleifereien sind



344. Fruchtstück aus Schmucksteinen. Jekaterinburger Arbeit.
Geschenk des Generals von Joffa an die Bergakademie Freiberg.

diejenigen in Amsterdam die bedeutendsten und berühmtesten, es werden in dieser einen Stadt über 12000 Arbeiter, ausschließlich Israeliten, beschäftigt. Außerdem haben die kaiserlich russischen Schleifereien zu **Jekaterinburg**, am östlichen Abhange des Ural, Weltruf, sie verarbeiten das reiche und verschiedenartige Material, das der Ural selbst und die angrenzenden Gebiete Asiens liefern. Besonders geschätzt sind größere Schaustücke, Vasen, Schalen u. dergl., auch prächtige Fruchtstücke werden aus Schmucksteinen geschliffen und zusammengestellt. Unsere Abb. 344 zeigt ein wertvolles Stück, im Besitze der Freiberger Bergakademie. Auf einer dunklen Marmorplatte liegt eine Pflaume aus dunklem Chalcedon, daneben drei Kirschen aus Marekanit, die Trauben von Johannisbeeren, links dunkelrot, rechts weiß, sind aus Chalcedon, die Himbeeren aus Rhodonit, das Blattwerk ist aus edlem Serpentin geschnitten.

Außer zu Schmucksachen werden die Edelsteine auch zu mancherlei **technischen Zwecken** verwendet, z. B. der Diamant zum Glasschneiden, der Rubin und statt dessen auch Granat zu Zapfenlagern für seine Uhren und Instrumente, wie z. B. empfindliche Wagen. Ferner dienen durchlochte harte Steine auch zum Ziehen sehr feiner Metalldrähte. Unreine Diamanten, **Bort** genannt, dienen als Schleifmittel für die härtesten Materialien, für weichere wird Korund, Schmirgel, Granat u. s. w. benutzt. Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, daß die schwarzen Diamanten (**Carbonados**) für die Tiefbohrtechnik, besonders für die Kernbohrung eine außerordentlich große Bedeutung erlangt haben (vgl. S. 76).

Der Preis der Edelsteine wird, wenigstens bei den wertvollen, ausschließlich auf das Karat (gleich 205 mg) als Gewichtseinheit bezogen. Bei denjenigen größeren Steinen, welche an und für sich im Werte hoch stehen und bei denen das Vorkommen größerer Stücke äußerst selten ist, zum Beispiel Diamant, Rubin, Saphir und Smaragd steigt der Preis nicht im einfachen Verhältnis zur Gewichtszunahme, sondern erheblich mehr, doch lassen sich besonders für größere Steine feste Regeln nicht aufstellen, da einmal die Preise in letzter Zeit außerordentlich geschwankt haben, anderseits außer dem Gewicht noch mancherlei Nebenumstände, wie Güte des Schliffes, Form, Durchsichtigkeit, Feuer und Farbe oft eine sehr bedeutende Rolle spielen. Die alte Tavernierſche Regel, daß der Preis eines größeren Steines im Quadrat mit seinem Gewichte wachse, also ein doppelt so schwerer Stein den vierfachen Wert haben soll, gilt schon seit langer Zeit nicht mehr.

Der Pariser Juwelier Vanderheym gab bei der Pariser Weltausstellung im Jahre 1878 die Diamantpreise und zwar für Brillantschliff je nach Qualität folgendermaßen an:

1 Paar Brillanten, Gesamtgewicht	1	Karat,	120	bis	220	Frank,
1 „ „ „	2	„	400	„	700	„
1 „ „ „	5	„	1250	„	2750	„
1 „ „ „	10	„	3050	„	10300	„

Der Wert sehr großer Steine kann nur von Fall zu Fall bestimmt werden. Rosetten von demselben Gewicht und sonst gleicher Beschaffenheit werden etwa auf $^4/_5$ des Wertes eines Brillanten geschätzt. Die farbigen Edelsteine: Rubin, Saphir und Smaragd haben in tadellosen Exemplaren zur Zeit einen etwas höheren Wert als wasserheller Diamant, die wenigen satt gefärbten Diamanten dagegen, welche vorkommen, sind die am allerhöchsten geschätzten Steine.

Selbstverständlich ist der Preis geschliffener Steine aus zweifachem Grunde ein bedeutend höherer als derjenige der Rohsteine, einmal sind die Kosten des Schleifens in Betracht zu ziehen, dann aber verliert jeder Stein durch das Schleifen erheblich an Gewicht.

Nachahmungen und Fälschungen. Bei dem hohen Werte der Edelsteine ist es nur zu natürlich, daß es immer wieder versucht wird, Nachahmungen oder Fälschungen in den Handel zu bringen. Zunächst werden sehr häufig ähnlich gefärbte, aber minderwertige Steine für wertvollere ausgegeben, so weißer Topas oder gar Bergkrystall für Diamant, Granat oder Spinell für Rubin, Chrysolith für Smaragd u. s. w. Auf die Unterscheidungsmerkmale wird bei der Beschreibung der einzelnen Edelsteine näher eingegangen werden.

Auch kommt es vor, daß minderwertige Steine künstlich eine andere Farbe erhalten, um zu täuschen; es können zum Beispiel der gelbrote Zirkon (Hyazinth) und heller Saphir durch vorsichtiges Erhitzen entfärbt und völlig wasserhell gemacht werden, so daß sie als Diamanten zum Verkauf gelangen. Derartiger Betrug ist zuweilen nur schwer durch systematische Untersuchung nachzuweisen.

Bei manchen Edelsteinen kann durch vorsichtiges Erhitzen auch eine Änderung der Farbe, ein Umfärben erreicht werden, so wird goldgelber brasilianischer Topas in der Hitze rosa, der violette Amethyst wird durch mäßiges Erwärmen gelb, bei höheren Temperaturen farblos.

In viel ausgedehnterem Maße können die Achate und besonders das Tigerauge wegen einer gewissen Porosität auf chemischem Wege entfärbt und durch Tränken mit verschiedenen Metallsalzen und darauf folgendes vorsichtiges Erwärmen in sehr verschiedenen Nuancen umgefärbt werden. Dieses Verfahren wird in Oberstein und Idar, den Hauptsitzen der deutschen Achatschleiferei, seit langer Zeit angewendet.

Dubletten sind Steine, namentlich in Brillantschliff, welche statt aus einem aus zwei Stücken und zwar einem Ober- und einem Unterteil bestehen; in der Ebene der Rundiste sind dieselben vereinigt, gewöhnlich durch Mastix. Dubletten nur aus echtem Material kommen vor, sind jedoch selten, der Fälscher erzielt für zwei kleinere Steine den Preis eines größeren. Weit häufiger besteht der obere Teil aus echtem, der untere Teil aus unechtem Material, es ist hier darauf gerechnet, daß ein gefaßter Stein meistens

nur an dem zugänglichen Oberteile z. B. mit der Feile geprüft wird. Oft erkennt man bei Betrachtung durch die Lupe die Verbindungsstelle an dem Vorhandensein von Luftbläschen, auch zerfällt in warmem Wasser die mit Mastix vereinigte Dublette in zwei Teile. Plumper sind die Nachahmungen gefärbter Steine durch Verbindung eines wasserhellen Oberteiles, z. B. aus Bergkrystall, mit einem Unterteile aus gefärbtem Glasfluß. Diese Dubletten erscheinen nur einheitlich farbig, wenn man sie senkrecht zur Tafel betrachtet, von der Seite angesehen dagegen geben sich die beiden Teile durch den Unterschied in der Farbe sofort zu erkennen.

Nachbildungen der Edelsteine aus Glasflüssen kommen sehr häufig vor, sie sind mit dem bloßen Auge, wenn geschickt ausgeführt, nur schwer zu unterscheiden, dagegen belehrt eine Untersuchung der Härte, welche bei den Gläsern höchstens 5 beträgt, über die wahre Natur der Imitation. Gewöhnlich wird ein bleihaltiges Glas verwendet, welches Straß oder Mainzer Fluß genannt wird und durch den Bleigehalt ein ziemlich hohes Gewicht, bis zu 3,6, erhalten kann. In neuerer Zeit werden auch Gläser unter Zusatz des seltenen Thalliums erzeugt, die hierdurch ein höheres spezifisches Gewicht, bis über 5, und starke Lichtbrechung erhalten. Auch Färbung des Glases zur Nachahmung farbiger Steine kommt sehr häufig vor, und zwar wird das Blau des Saphirs durch Kobaltoxyd, Gelb gewöhnlich durch Silber- oder Antimonoxyd erzeugt. Das Grün des Smaragds wird durch Chromoxyd oder Kupferoxyd, das Rubinrot durch Goldchlorid (Goldpurpur) gut nachgeahmt.

Die Herstellung solcher künstlich gefärbter Gläser ist übrigens recht teuer, da die Schmelze tagelang im Fluß bleiben muß und nur langsam erstarren darf; trotzdem verraten kleine Luftbläschen leicht die Art der Entstehung.

Auch die künstliche Bildung der Edelsteine aus ihren natürlichen Bestandteilen ist vielfach versucht worden und zwar mit gutem Erfolge namentlich beim Türkis und beim Rubin. Letzteren hat der berühmte französische Chemiker Frémy durch einen umständlichen Schmelzprozeß in schleifwürdigen Kryställchen im Gewichte bis zu $1/3$ Karat dargestellt, deren Härte, spezifisches Gewicht und Farbe völlig mit den natürlichen übereinstimmt. Es sind aus diesen künstlichen Rubinen Schmucksachen von vortrefflicher Wirkung gefertigt worden. Die Kosten der Herstellung sind auch beim Frémyschen Verfahren sehr hohe. Jedenfalls hat die Thatsache ein großes wissenschaftliches Interesse.

Im folgenden sind die wichtigsten Edelsteine beschrieben, die seltener im Handel vorkommenden sind bei denjenigen häufigeren Steinen kurz erwähnt, mit denen sie leicht verwechselt werden können.

Die wichtigsten Edelsteine.

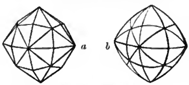
Diamant.

Der Diamant verdient wegen seiner vielen hervorragenden Eigenschaften unstreitig die erste Stelle unter den Edelsteinen, zwar sind gerade jetzt bunte Steine von der Mode sehr bevorzugt, aber der Diamant wird trotzdem auf die Dauer den höchsten Rang behaupten, ist er doch bei weitem der härteste Edelstein, ja das härteste aller bekannten Mineralien (Härtegrad 10 der Mohsschen Härteskala), er nimmt die schönste Politur an, zeigt die höchsten Grade der Durchsichtigkeit, den lebhaftesten Glanz, nach ihm Diamantglanz genannt, endlich zerstreut er weißes Licht am stärksten in verschiedenfarbige Strahlen, er schimmert daher im herrlichsten Farbenspiel und unvergleichlichem Feuer. Dazu kommt, daß der Diamant verhältnismäßig häufiger als die anderen Edelsteine ersten Ranges in großen farblosen Exemplaren vom reinsten Wasser gefunden wird. Steine von lichter Farbe sind nicht gerade selten, es kommen gelbe, rötliche, seltener solche mit einem Stich ins Grüne und Blaue vor; dagegen gehören satt gefärbte und dabei tadellos durchsichtige Steine zu den allergrößten Seltenheiten und werden mit den höchsten Preisen bezahlt, bemerkenswert sind die dunkelbraun bis schwarz gefärbten, jedoch krystallisierten Diamanten von Borneo — nicht zu verwechseln mit den gleich zu erwähnenden Carbonados von Bahia — sie haben geschliffen einen fast metallischen Glanz und werden als kost-

barster Trauerschmuck hoch geschätzt. Undurchsichtige, nicht schleifwürdige Steine nennt man **Bort**, sie bestehen gewöhnlich aus mehreren miteinander verwachsenen Krystallindividuen und werden zum Schleifen anderer Steine benutzt. Eine besondere Abart des Diamanten sind die schwarzen **Carbonados**, poröse, in der Struktur dichtem Koks ähnliche Steine, die vorzugsweise in Bahia (Brasilien) gefunden werden. Es kommen zuweilen große Stücke vor, so wurde kürzlich ein solches von Faustgröße im Gewicht von 3100 Karat oder etwa 630 g gefunden. Die schwarzen Diamanten werden zum Abdrehen sehr harter Gegenstände, als Schleifmittel und, wie schon weiter oben erwähnt, für die **Tiefbohrung** angewendet.

Der Diamant besteht einschließlich der schwarzen Steine aus krystallisiertem Kohlenstoff, also chemisch aus demselben Urstoff, der den Graphit bildet und den Hauptbestandteil unserer Kohlen ausmacht. Das spezifische Gewicht ist 3,5, es gibt also eine ganze Anzahl schwererer Edelsteine. Die häufigsten Krystallformen des Diamanten sind das Oktaeder und die verwandten Gestalten, besonders häufig treten Achtundvierzigflächner auf (s. Abb. 345, a u. b), mit eigentümlich gerundeten Flächen. Die Krystalle spalten sehr gut nach den Oktaederflächen, wodurch der Schliff großer Steine erleichtert wird, wie oben bereits des Näheren ausgeführt wurde. Die Diamanten werden fast stets als Brillanten oder als Rosen geschliffen.

Was die Entstehungsweise des Diamanten betrifft, so nimmt man an, daß er sich aus glutflüssiger Gesteinsmasse ausgeschieden habe; diese Vermutung stützt sich unter anderem darauf, daß in neuerer Zeit winzige Diamantkryställchen neben Graphitblättchen in langsam erkaltetem Stahl beobachtet und daß auch in vereinzelten Fällen kleine, dem Karbonat ähnliche Diamantkörnchen in Meteoriten gefunden wurden. Übrigens läßt sich der Diamant bei hohen Hitzegraden und Luftzutritt zu Kohlensäure verbrennen.



345. Achtundvierzigflächner.
a in regelmäßiger Ausbildung, b mit gerundeten Flächen.

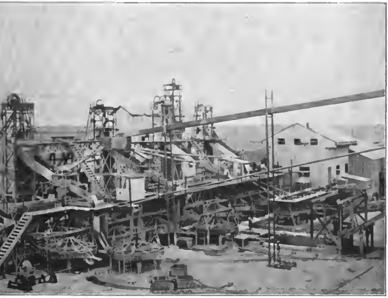
Die Diamanten kommen an allen bekannten Fundorten — mit alleiniger Ausnahme **Südafrikas**, wovon weiter unten ausführlich die Rede sein wird — aus dem ursprünglichen Muttergestein ausgewittert als lose Krystalle zusammen mit Quarzen, Eisenerzen, auch mit Korund und anderen Edelsteinen, zuweilen Monazit und Gold im Seifengebirge vor. Zum Teil sind sie eingebettet in sandsteinartig verfestete Gesteine, jedoch auch hier auf sekundärer Lagerstätte. Die wichtigsten dieser Fundorte liegen in **Ostindien** und **Brasilien**. **Borneo** und **Neusüdwales** in Australien haben nur geringere Mengen geliefert, in **Nordamerika** (im Osten in den Staaten Georgia und Nord-Carolina, im Westen in Kalifornien und Oregon) und in **Rußland** (in den Goldseifen des Ural und ganz untergeordnet in Lappland) ist das Vorkommen von Diamanten mit Bestimmtheit nachgewiesen, doch ist die Zahl der gefundenen Steine eine sehr beschränkte.

Schon im Altertume waren die Fundorte des Diamanten in Ostindien bekannt, dieselben liegen sämtlich im östlichen Teile von Vorderindien. Außer in den Seifenablagerungen sollen Diamanten auch in festen Sandsteinen von hohem geologischen Alter gefunden werden, sie sind **Banaganpilly**-Sandsteine genannt worden von der gleichnamigen Stadt im mittleren Flußgebiete des dem Indischen Ozean zuströmenden Kistnah. Die indischen Diamanten zeichnen sich durch das nicht seltene Vorkommen großer Steine aus; unter den zu gewisser Berühmtheit gelangten Diamanten befindet sich eine sehr große Zahl indischer Steine.

Lange Zeit war **Golconda** der berühmte Stapelplatz des Diamantenhandels im südlichsten Verbreitungsgebiete, weiter nördlich liegt die am längsten bekannte Gruppe von Gruben an den Flußläufen des Mahanady und Bhramni, das nördlichste Diamantenfeld endlich liegt an den rechtsseitigen Zuflüssen des mittleren Gangeslaufes, südlich von den Städten **Allahabad** und dem durch seine Bronzen berühmten **Benares**. — In **Borneo** finden sich Diamanten an der Westküste in der Nähe des Hafenortes Pontianak,

und außerdem im südlichsten Teile der Insel, jedoch hat die Produktion niemals sehr große Bedeutung gehabt. — Die brasilianischen Diamanten wurden im Jahre 1728 entdeckt. Die Provinzen Minas Geraes und Bahia nördlich von Rio de Janeiro an der Ostküste gelegen, bergen die wertvollen Steine. Merkwürdigerweise sind die brasilianischen Diamanten verhältnismäßig klein, meistens unter $^1/_2$ Karat, größere Steine sind äußerst selten. Außer in den Alluvionen soll auch in Brasilien der Diamant in anstehendem sandsteinartigem Gestein, Itacolumit genannt, gefunden werden. Die Gewinnung der Diamanten war in Brasilien lange Monopol der Regierung, der Hauptplatz in Minas Geraes ist Diamantina, in Bahia Cincora. — Die Diamantablagerungen von Neusüdwales wurden um 1860 entdeckt, seitdem hat sich die Zahl der Fundorte vermehrt, jedoch ist die Menge der gefundenen Steine gering, und auch hier sind große Steine selten.

Die Ausbeutung der Diamantfelsen, die Diamantwäscherei, ist eine verhältnismäßig einfache Arbeit: Das diamanthaltige Erdreich wird durch einfaches Sieben von den



846. Diamantenwäsche zu Kimberley.

groben Geröllen und durch reichliches Waschen mit Wasser von dem feinen Schlamme und Sande befreit. Die so gereinigte Masse wird auf Tischen ausgebreitet und ausgelesen, wobei dem geübten Auge der Diamantgräber nicht leicht ein Steinchen entgeht. Es ist wohl selbstverständlich, daß die Arbeiter sorgfältig und streng überwacht, ja zum Teil völlig abgesondert von der übrigen Bevölkerung gehalten werden. Dennoch blüht unter Anwendung der raffiniertesten Mittel der Diamantendiebstahl in allen Grubendistrikten.

Von dem größten Interesse und seit mehr als zwei Jahrzehnten maßgebend für die Weltproduktion sind die Diamantlagerstätten Südafrikas. Wie dies früher in anderen Diamantgebieten der Fall gewesen war, so wurden zuerst im Vaalflusse, einem Nebenflusse des Oranjeflusses, hervorragend große Diamanten gefunden, und zwar im Jahre 1867 der erste von $21^1/_4$ Karat und im Jahre 1869 der später als Stern von Südafrika oder Dudley-Diamant zur Berühmtheit gelangte 83 Karat schwere Stein. Ein wahres Diamantenfieber entstand, man forschte genauer nach, und die Sande des Vaalflusses, die sogenannten „river diggings", d. h. Flußgräbereien, lieferten bald Steine in größeren



347. Der Tagebau zu Kimberley 1872.



T

347. Der Tagebau zu Kimberley 1872.

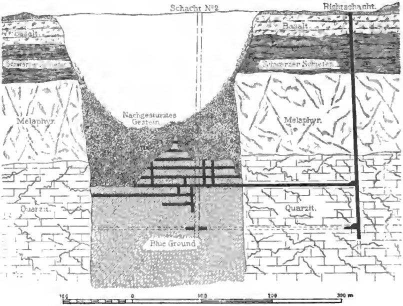
Mengen. Im Jahre 1870 wurden auch in der Gegend des heutigen Kimberley in einem zersetzten eisenschüssigen Gestein, dem „yellow ground" (gelbe Erde) Diamanten entdeckt und diesen trockenen Gräbereien der Name „dry diggings" beigelegt. Die Diamanten saßen in einem serpentinähnlichen breccienartigen, Kimberlit genannten Gestein, welches auch Bruchstücke der übrigen, die südafrikanische Hochebene zusammensetzenden Gesteine, namentlich Sandsteine, Schieferthone und Konglomerate umschloß. Nach und nach fand man an 7 Orten dieses diamantführende Gestein, wie sich später ergab, in säuligen Stöcken von 25—450 m im Durchmesser, die sich von der Umgebung als unbedeutende Bodenschwellungen abhoben. Der größte Teil derselben, so namentlich Kimberley, liegt in Griqua Land West, welches zur Kapkolonie gehört, einzelne Fundstätten liegen auch im benachbarten Oranje-Freistaat. Es begannen die Tagebaue mit großer Emsigkeit, die Diamanten wurden aus dem bröckeligen Gestein ausgelesen. Der Preis der verliehenen Grubenfelder, welche nur klein waren, 9,5 m im Quadrat betrug ursprünglich 7½ Schilling, doch er stieg bald ins ungemessene, so daß gegen das Ende der siebziger Jahre einzelne dieser kleinen Grubenfelder mit über 100000 Mk. nach unserem Gelde bezahlt wurden. Überall grub man rastlos weiter in die Tiefe. Als sich die Farbe des Gesteins zu ändern begann und es graublau wurde („blue ground"), prophezeiten viele das Aufhören der Diamantenführung; aber immer wieder fanden sich die edlen Steine, nur waren sie etwas schwerer von der festeren Gesteinsmasse zu trennen. Damit war aber nunmehr der vollgültige, für die geologische Wissenschaft hochinteressante Beweis erbracht, daß hier zum erstenmal mit voller Sicherheit das Vorkommen des Diamanten auf der ursprünglichen Lagerstätte, in einem eruptiven Gesteine vorliege. Man trug das blaue Gestein von den Tagebauen in die Umgebung und breitete die Massen auf gepflasterten Höfen aus, so daß sie unter dem Einflusse von Feuchtigkeit und Trockenheit, von Tageswärme und Nachtkälte innerhalb der Zeit von 3—6 Monaten in Grus zerfielen, aus dem nach flüchtigem Waschprozesse die Diamanten ausgelesen werden konnten. Bei der Massenproduktion der neuesten Zeit wurden größere Waschanlagen mit Siebeinrichtungen und Rundherden gebaut (vgl. Abb. 346). Übrigens hatten sich mit der Zeit als die reichsten Stöcke diejenigen von de Beers und von Kimberley erwiesen.

Beim Beginn der Gräbereien wurden für den Transport des diamanthaltigen Gesteins zwischen den einzelnen Grubenfeldern Wege belassen (Abb. 347), doch mit dem Vertiefen der Tagebaue verloren diese rippenartigen Gesteinsmassen den Halt und brachen nach und nach in sich zusammen, zum Teil wurden sie wohl auch wegen des Wertes der darin enthaltenen Diamanten abgebaut. Nunmehr bildeten die Tagebaue eine große Pinge, und es entstanden bei dem hohen Werte des Rohproduktes dadurch mancherlei Schwierigkeiten, daß der diamanthaltige Boden aus den mehr in der Mitte gelegenen Grubenfeldern über die Nachbarfelder fortbefördert werden mußte. Wenn auch in einzelnen Fällen durch Anlage von hängenden Bahnen, welche vom Rande (dem sogenannten Reef) der immer tiefer werdenden Tagebaue über die Nachbarfelder hinweg in die Tiefe führten (vgl. nebenstehende Tafel), die hieraus erwachsenden Mißstände beseitigt wurden, so brachte der Umstand, daß mit der Zeit von den Seiten erhebliche Gesteinsmassen samt den dort aufgestellten Baulichkeiten und Maschinen in die bis zu 60 m tief gewordenen Tagebaue abstürzten und die dort gelegenen Grubenfelder überdeckten, für einen großen Teil der Unternehmer unhaltbare Zustände mit sich. Hierzu kam, daß sich die Überproduktion an Diamanten auf dem Weltmarkte bereits fühlbar machte und einen Preisrückgang herbeiführte. Aus allen diesen Gründen war es eine notwendige Folge der natürlichen Verhältnisse, daß eine Vereinigung des Grubenbesitzes angestrebt wurde; diese und damit der Übergang zum Großbetriebe vollzog sich verhältnismäßig schnell. Man mußte nämlich im Jahre 1884, es war dies der einzige mögliche Weg, von dem bisherigen billigen Steinbruchbetrieb zum Tiefbaubetrieb übergehen, der sehr bedeutendes Anlagekapital erfordert. Außerhalb des diamantführenden Gesteins wurden Schächte abgeteuft, von diesen aus in verschiedenen Sohlen Strecken in den Kimberlit getrieben und hier der Abbau eingeleitet (vergl. Abb. 348). Im Jahre 1893 war man etwa bis 400 m tief eingedrungen, die „de Beers Consoli-

dated Mines" hatten fast die gesamten Grubenfelder in ihrer Hand vereinigt und betrieben den nun wohlgeregelten Bergbau mit etwa 12000 Arbeitern. Die Jahresproduktion beträgt jetzt etwa 3 Millionen Karat, und die bisherige Gesamtproduktion Südafrikas dürfte mehr als 60 Millionen Karat, das sind über 12000 kg Diamanten ergeben haben. 1 cbm gefördertes Gestein enthält im Durchschnitt etwa 4 Karat Diamanten, und das Karat rohe Diamanten hat einen Durchschnittswert von 21 Mk., hierbei sind die größeren Steine, welche sich gerade in Südafrika nicht so selten finden, nicht mitgerechnet.

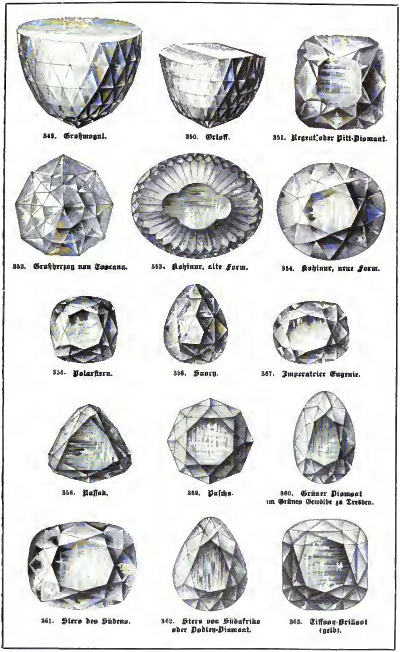
Von den größten und berühmtesten Diamanten, welche man kennt, haben viele ein wechselvolles Schicksal gehabt, dieselben sind zum größten Teile auf S. 319 und zwar in wahrer Größe abgebildet. Zunächst seien die indischen Steine erwähnt:

Der Großmogul (Abb. 349), nach seinem früheren Besitzer genannt, wurde von Tavernier, der ihn im Jahre 1665 am Hofe zu Delhi sah, beschrieben; er ist als hohe



348. Idealer Schnitt durch die Kimberley-Grube etwa im Jahre 1890.

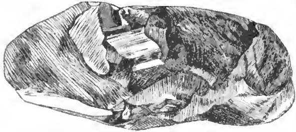
Rosette geschliffen. Es soll ein Stein vom reinsten Wasser gewesen sein im Gewichte von 280 Karat. Spätere Nachrichten über den Verbleib des Steines fehlen. Von ähnlicher Gestalt ist der Orloff (Abb. 350), der heute das russische Reichszepter ziert; auch dieser Stein stammt aus Indien, er wiegt 193 Karat und gelangte aus dem Besitze eines indischen Fürsten im Jahre 1791 in den der Kaiserin Katharina II. von Rußland für den Preis von etwa $1\frac{1}{4}$ Millionen Mark. — Der Regent oder Pitt-Diamant (Abb. 351) wurde im Jahre 1705 von dem englischen Gouverneur Pitt in Madras erworben, er ging später in den Besitz Ludwigs XV. von Frankreich über und erlangte dadurch besondere Berühmtheit, daß ihn Napoleon I. an seinem Degengriffe trug. Er befindet sich noch heute in Paris, wiegt 137 Karat, und wird wegen seines regelmäßigen Schliffes sehr hoch bewertet. — Der Florentiner oder Großherzog von Toscana (Abb. 352) im österreichischen Kronschatze hat neunstrahlige Form, schönes Feuer, jedoch etwas gelbliche Farbe. — Der Kohinur gelangte aus dem Besitze des Großmoguls nach der Zerstörung des Reiches in denjenigen des Fürsten von Lahore und weiter im Jahre 1850 in englische



349—363. Die berühmtesten Diamanten.

Hände. Der Stein hatte damals (Abb. 353) ein Gewicht von 186 Karat, jedoch eine ungünstige Form, beim Umschleifen zu einem flachen Brillanten (Abb. 354) wurde sein Gewicht bis auf 106 Karat erniedrigt. — Der Polarstern (Abb. 355) von 40 Karat Gewicht gehört der russischen Krone, der Sanсy (Abb. 356) im Gewicht von 53, nach anderen von 33 Karat gehörte im 18. Jahrhundert der französischen Krone, wurde jedoch während der Revolution im Jahre 1792 entwendet und blieb lange Zeit verschollen. Später soll er wieder aufgetaucht und nach Indien verkauft worden sein. — Der Impératrice oder Diamant der Kaiserin Eugenie (Abb. 357) befand sich im Besitze der Kaiserin Katharina II. von Rußland, wurde von dieser an ihren Günstling Potemkin verschenkt und aus dessen Familie vom Kaiser Napoleon III. für seine Gemahlin erworben. Diese verkaufte ihn später nach Indien. — Der Nassak (Abb. 358), von der gleichnamigen Stadt am oberen Laufe des Godavari in Hinterindien benannt, der sich zur Zeit im Besitz des Marquis von Westminster befindet, von eigenartig dreiseitigem Schliffe, und der als achtseitiger Brillant geschliffene Pascha (Abb. 359), 40 Karat schwer, dem Vizekönig Ibrahim von Ägypten gehörig, mögen hier kurz erwähnt werden.

Auch die berühmtesten satt gefärbten Diamanten stammen aus Indien. Es sind dies der saphirblaue Diamant des Londoner Bankiers Hope im Gewicht von $44\frac{1}{2}$ Karat; er wurde mit 360000 Mk. bezahlt und ist fast ebenso geschliffen wie der Polarstern. Der apfelgrüne Diamant (s. Abb. 360) im Grünen Gewölbe zu Dresden, von 40 Karat Gewicht, wurde 1742 für 200000 Thaler erkauft und ist in einer Hutagraffe befestigt.



364. Größter bisher bekannter Diamant „Excelsior“. (Natürl. Größe.)

Von brasilischen Diamanten hat nur der $125\frac{1}{2}$ Karat schwere Südstern, der in der Provinz Minas Geraes gefunden und in Amsterdam geschliffen wurde, größere Berühmtheit erlangt, er ist (Abb. 361) ein schöner, regelmäßiger Brillant und soll für 1600000 Mk. nach Indien verkauft worden sein. — Der Braganza genannte, ebenfalls aus Brasilien stammende Stein, welcher der portugiesischen Krone gehört, hat ein Gewicht von 1680 Karat, er würde demnach der bei weitem größte bekannte Diamant sein. Es steht jedoch mit ziemlicher Sicherheit fest, daß es nur ein weißer Topas ist, wie sie in Brasilien öfters gefunden werden, während größere Diamanten gerade dort sehr selten sind.

Einer der ersten in Südafrika gefundenen Diamanten ist, wie weiter oben schon erwähnt, der Stern von Südafrika, nach seiner Besitzerin auch Dudley-Diamant genannt; er wog roh $83\frac{1}{2}$ Karat und ergab nach dem Schliffe einen ovalen Stein vom reinsten Wasser, $46\frac{1}{2}$ Karat schwer (Abb. 362). Später lieferte Südafrika eine ganze Reihe großer Steine, darunter zwei ziemlich regelmäßige Oktaeder von 457 und 428 Karat Rohgewicht, und auch den größten, überhaupt bekannten Diamanten, er ist $971\frac{3}{4}$ Karat schwer und erhielt den Namen Excelsior. Am 30. Juni 1893 wurde er in der Jagersfontein-Grube gefunden. Abb. 364 zeigt ihn im rohen Zustande, sein Wert wird sehr verschieden beurteilt, jedenfalls beträgt er weit über 1 Million Mark, namentlich da der Stein eine ausgezeichnete blauweiße Farbe hat. — Aus Südafrika stammt auch der schöne orangegelbe Tiffany-Brillant, nach seinem New Yorker Besitzer genannt (Abb. 363), er wiegt $125\frac{1}{2}$ Karat.

Die hohe Wertschätzung des Diamanten hat, ebenso wie bei den anderen Edelsteinen, oft zu Nachahmungen verleitet. Hierher ist schon die oberflächliche Färbung echter, aber gelblicher Steine zu rechnen. Da deren Wert erheblich geringer ist, als derjenige rein weißer Steine, so versieht man sie mit einem ganz dünnen Überzug eines schwer löslichen

blauen Farbstoffes; hierdurch erscheint der Stein rein weiß, bis bei der Benutzung die blaue Färbung verschwindet und die gelbliche Farbe des Steines wieder zum Vorschein kommt. Es gehört schon Übung dazu, um diese Fälschung unter dem Vergrößerungsglase sofort zu entdecken. Die Nachahmung des Diamanten durch Glasflüsse gibt sich durch die geringere Härte leicht zu erkennen, die sogenannten Simili-Brillanten sind aus Straß gefertigt. Doch auch andere Edelsteine und Halbedelsteine werden als Diamanten untergeschoben. Für das Auge des Kenners ist hier oft schon der Mangel an Lichtbrechung und die Art des Glanzes maßgebend, die geringere Härte und das abweichende spezifische Gewicht gestatten stets eine Unterscheidung. Der häufig verwendete Bergkrystall — weißer durchsichtiger Quarz, sogenannter Marmaroscher Diamant — hat das niedrige spezifische Gewicht 2,6, er schwimmt also in Methylenjodid, während Diamant rasch untersinkt, und die Härte ist nur 7. Von weißem Topas, der namentlich in Brasilien häufig ist, kann der Diamant am leichtesten an der Härte (Topas hat nur die Härte 8) unterschieden werden, während sich beide im spezifischen Gewichte sehr nahe stehen.

Zu den Edelsteinen, welche als Diamant jedoch schon seltener in den Handel gebracht werden, gehört auch der Phenakit, er besteht aus kieselsaurer Beryllerde und ähnelt dem Diamanten bezüglich des Farbenspiels, er ist jedoch an der geringeren Härte ($7^3/_4$) und dem niedrigeren spezifischen Gewicht, welches 3,0 beträgt, leicht zu erkennen. Schleifwürdiger Phenakit findet sich namentlich in den bekannten uralischen Smaragdgruben an der Takowaia und am Monte Antero in Colorado zusammen mit Aquamarin. Auch weißer Saphir vom spezifischen Gewicht 4,1, der also erheblich schwerer als Diamant ist und nur die Härte 9 hat, wird für wirklichen Diamant ausgegeben, ebenso der durch Glühen entfärbte Hyazinth, der überhaupt das höchste spezifische Gewicht von allen Edelsteinen hat, nämlich 4,6, und dessen Härte $7^1/_2$ beträgt, der Unterschied in beiden Beziehungen ist also sehr erheblich. Farbige Diamanten kommen im Edelsteinhandel so selten vor, daß ihre Unterscheidung von anderen Steinen hier übergangen werden kann. Es mag nur erwähnt werden, daß fast immer die Härteprobe genügen wird, um den Nachweis zu führen, daß man es wirklich mit einem farbigen Diamanten zu thun hat.

Übrigens sind die vielen Versuche, den Diamanten künstlich herzustellen, bisher nicht gelungen, wenigstens nicht in so weit, daß man schleifwürdige Steine erhalten hätte, sie haben daher nur wissenschaftliches Interesse.

Korund, Rubin, Saphir; Schmirgel.

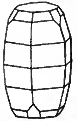
Der Korund wird zwar wie üblich erst an zweiter Stelle besprochen, weil er nur die Härte 9 besitzt und daher dem Diamanten in dieser Beziehung bedeutend nachsteht, es muß jedoch schon hier hervorgehoben werden, daß die als Edelstein geschätzteste Korundspielart, der Rubin, und zwar besonders bei purpurroter Farbe oft höher als Diamant bezahlt wird. Korund besteht aus Thonerde (Aluminiumoxyd), also aus einem derjenigen Stoffe, die an der Zusammensetzung der festen Erdrinde den wesentlichsten Anteil haben; er krystallisiert in sechsseitigen Säulen, die oft in eine faßähnliche Form übergehen (s. Abb. 365), Spaltbarkeit ist nur in geringem Maße bemerkbar.

Außer in durchsichtigen, zum Verschleifen geeigneten Krystallen kommt Korund auch undurchsichtig, zum Teil in großen Massen vor. Man unterscheidet gemeinen Korund in undurchsichtigen Krystallen von grauer Farbe und Schmirgel, das ist ein bläulichgraues bis braunes Gemenge von kleinen Korundkryställchen mit anderen harten Mineralien (z. B. Eisenglanz und Magneteisenerz) und mit erdigen Bestandteilen. Der gemeine Korund ist härter und daher geschätzter als Schmirgel, der immer fremde und weichere Beimengungen enthält; beide dienen als Schleifmittel für Edelsteine, Metalle, Spiegelglas u. s. w. Für viele Zwecke wird gekörnter Schmirgel mit Hilfe eines Bindemittels unter sehr starkem Druck zu Schmirgelscheiben gepreßt, die in der Metallbearbeitung jetzt eine große Rolle spielen. Für weichere Stoffe, z. B. Holz, wird das Schleifmittel häufig in die Form des Schmirgelpapiers oder der Schmirgelleinwand gebracht, jedoch wird nur der kleinere Teil aus wirklichem Schmirgel hergestellt. Häufig werden minderwertige Stoffe, wie Granat und Quarz, verwendet.

Die hauptsächlichsten Gewinnungspunkte für gemeinen Korund befinden sich in Nord-Carolina, wo zu Corundum Hill und zu Saphire Gänge bis zu 5 m Mächtigkeit in krystallinischen Schiefern und olivinhaltigen Gesteinen auftreten, die bis zu 15 % Korund in kleineren und größeren Krystallen enthalten, zuweilen kommen mit dem Korund großblätteriger Glimmer und langfaseriger Asbest vor. Beide Mineralien sind ebenfalls verwendbar (vgl. S. 301). Das korundhaltige Rohmaterial wird auf Mühlen zerkleinert und auf Setzmaschinen verwaschen. Der Preis für 1 t Korund schwankt je nach der Korngröße und Reinheit zwischen 60 und 200 Dollar; die Vereinigten Staaten von Nordamerika verbrauchen jährlich etwa 6000 t als Schleifmittel.

Sehr bekannt ist auch der Schmirgel von Naxos und Smyrna, derselbe kommt im Kalkstein vor. Es werden jährlich etwa 4000 t zu 50 Mk. mittlerem Werte ausgeführt. Naxos-Schmirgel enthält etwa 70 % Korund.

Die durchsichtigen Korunde, welche als Edelsteine verschliffen werden, heißen auch edle Korunde, es werden die folgenden Farben unterschieden: Rubin oder roter Korund und zwar sattrot, zum Teil mit einem kleinen Stich ins Blaue, bis lichtrot, Saphir, oder blauer Korund, fast in allen Schattierungen des Blau, außerdem kommen noch gelbe Korunde vor, die man gelbe Saphire oder orientalischen Topas nennt, sie zeichnen sich durch ein sehr lebhaftes Feuer aus, und violette Steine, orientalischer Amethyst oder Violett-Rubin genannt. Als Sternsaphir bezeichnet man hellfarbige Korunde, welche, namentlich nachdem sie mugelig geschliffen sind und zwar so, daß die Unterseite des Steines der Endfläche der sechsseitigen Säule parallel ist, einen sechsstrahligen Stern und eigenartigen Glanz zeigen. Die Steine von Ceylon zeigen diese Erscheinung (Asterismus) am schönsten, sie beruht wahrscheinlich auf regelmäßig im Steine eingelagerten Einschlüssen. Die edlen Korunde kommen hauptsächlich in Krystallen und abgerundeten Körnern in Seifen vor, eingewachsene Steine sind selten, man kennt z. B. Saphire in Basaltlava.


365. Faßähnlicher Krystall von Korund.

Rubin hat ebenso wie die übrigen edlen Korunde das hohe spezifische Gewicht 4,0 und die Härte 9, er ist also nach dem Diamanten das härteste Mineral. Die Rubine erhalten gewöhnlich Brillantschliff, größere Steine — bis zu mehreren hundert Karat Gewicht — werden zwar erwähnt, sind jedoch äußerst selten, ja schon Steine von etwa 10 Karat werden nicht häufig gefunden, jedenfalls viel seltener als Diamanten von dieser Größe. Die wichtigsten Fundorte des Rubins liegen in Asien, die schönsten Steine soll Birma liefern, jedoch ist über die Art des Vorkommens wenig Näheres bekannt. Das Innere von Birma ist erst im Jahre 1886 nach der englischen Besitzergreifung für Europäer zugänglicher geworden. In den Edelsteinseifen von Ceylon, welche reichlich die anderen edlen Korunde liefern, ist Rubin selten; ein nicht näher bekannter ergiebiger Fundort wird im Tianschangebirge vermutet. Nordamerika hat gelegentlich einige gute Steine geliefert.

Die Hauptmenge der Saphire kommt ebenfalls, wie die orientalischen Topase und Amethyste aus den Edelsteinseifen von Ceylon, und zwar sind größere Saphire erheblich häufiger als dergleichen Rubine. Auch in den brasilischen Diamantseifen finden sich Saphire, und vereinzelt kommen Steine in Nordamerika vor.

Der Rubin ist außer dem Türkis, wie bereits in der Einleitung bemerkt, der einzige Edelstein, dessen künstliche Darstellung aus seinen Bestandteilen in so vorzüglicher Weise gelungen ist, daß eine Unterscheidung von den natürlichen nicht möglich ist. Derartige Rubine sind auch verschliffen worden, bis jetzt hat man nur Steine bis zu $^1/_3$ Karat Gewicht erhalten.

Der hohe Wert des Rubins hat Veranlassung dazu gegeben, daß im Edelsteinhandel mancherlei andere rotgefärbte Steine teils als echter Rubin ausgegeben, teils unter ähnlichem Namen angeboten werden. Hier ist an erster Stelle der Spinell zu erwähnen, ein Edelstein, welcher aus Thonerde und Magnesia besteht, er kommt in seinen dunkelroten schleifwürdigen Spielarten als Rubin-Spinell und bei lichtroter Farbe als

Rubis balais im Edelsteinhandel vor. Vom echten Rubin ist er durch die geringere Härte (8) und das niedrige spezifische Gewicht 3,5 zu unterscheiden. Durchsichtiger Spinell findet sich nur in Edelsteinseifen, z. B. auf Ceylon, in der indischen Provinz Mysore, in Birma, in Neusüdwales; die abgerollten Körner lassen oft die ursprüngliche Krystallform, das Oktaeder, noch gut erkennen, der Spinell ist nicht spaltbar, Bruchflächen sind muschelig. Der Rubin-Spinell wird gewöhnlich als Brillant, der Rubis balais auch als Tafelstein geschliffen.

Auch der rote Turmalin oder Rubellit kommt als sibirischer Rubin auf den Markt, ebenso wird häufig Granat (vgl. S. 328) als Rubin untergeschoben. Beide Steine sind durch die erheblich geringere Härte kenntlich. Ferner werden die gebrannten brasilianischen Topase von rosa Farbe als brasilianische Rubine angeboten; diese haben ebenfalls geringere Härte als echter Rubin, und das spezifische Gewicht ist niedriger.

Auch als Saphir versucht man andere Steine auszugeben; so wird zuweilen an seiner Stelle Cyanit benutzt, er besteht aus kieselsaurer Thonerde und kommt in Brasilien, Indien und Tibet an nicht näher bekannten Fundorten in schleifwürdigen, schön blauen Krystallen vor, seine Härte ist erheblich niedriger als die des Saphirs und zeigt in verschiedenen Richtungen so große Unterschiede, wie bei keinem anderen Edelsteine, nämlich zwischen den Härtegraden 5 und 7.

Ferner kommt der Cordierit, der wegen des starken Dichroismus auch Dichroit und wegen seiner Ähnlichkeit mit großen Saphiren auch Luchssaphir genannt wird, in schleifwürdigen blauen Krystallen vor und zwar hauptsächlich in den Edelsteinseifen Ceylons. Außerdem findet er sich eingewachsen in Gneis und Granit z. B. zu Bodenmais im Bayrischen Walde und zu Orijärvi in Finnland, durch den Dichroismus, die geringere Härte, $7^1/_4$, und das geringere spezifische Gewicht 2,6 — während dasjenige des Saphirs 4,0 beträgt — läßt er sich von letzterem unterscheiden.

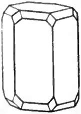
Chrysoberyll.

Chrysoberyll ist ein seltener Edelstein, der dritthärteste (Härte $8^1/_2$) in der Reihe. Er besteht aus Thonerde und Beryllerde und ist namentlich in Brasilien, wo er in dem Sande des Rio das Americanas zusammen mit anderen Edelsteinen als Geschiebe gefunden wird, und in Rußland, wo er in den uralischen Smaragdgruben an der Takowaia im Glimmerschiefer vorkommt, sehr geschätzt. Die brasilianischen Steine haben gewöhnlich gelbe Farbe und werden auch Cymophan genannt, seltener sind silberweiße und blauweiße Steine, die den irisierenden Schein des Katzenauges haben (vgl. S. 334) und gewöhnlich „en cabochon" verschliffen werden; die uralischen Chrysoberylle werden auch Alexandrite genannt, sie zeigen in ausgezeichneter Weise den Dichroismus und sind hierdurch leicht zu erkennen. In der Richtung der Hauptachse (beim gefaßten Steine von oben) gesehen ist der Alexandrit tiefgrün, von der Seite gesehen erscheint er rötlich, diese Farbe zeigt sich auch in der anderen Richtung bei Lampenlicht.

Beryll, Smaragd, Aquamarin.

Auch der Beryll enthält, wie sein Name andeutet, das Element Beryllium, er besteht aus kieselsaurer Beryllerde. Der gemeine Beryll ist kein gerade seltenes Mineral, er ist undurchsichtig, von grauer oder gelblicher Farbe und findet sich namentlich im grobkörnigen Granit eingewachsen, zuweilen in sehr großen Krystallen, welche sechsseitige Säulen bilden (s. Abb. 366). Spaltbarkeit ist parallel der Endfläche ziemlich deutlich vorhanden. Die alten Kulturvölker sollen dünne durch Spaltung hergestellte Beryllplatten als eine Art Augengläser gegen den Einfluß grellen Sonnenlichtes benutzt haben, und das deutsche Wort Brille ist wahrscheinlich mit Beryll stammverwandt. Ist der Beryll durchsichtig und schön gefärbt, so nennt man ihn edlen Beryll, und zwar sind zu unterscheiden der Smaragd von schön sattgrüner Farbe und der Aquamarin, welcher lichtmeergrün oder bläulichgrün ist. Gelber Edelberyll kommt fast nur in den Vereinigten Staaten von Nordamerika vor. Allen Beryllen gemeinsam sind die physikalischen Eigenschaften, die Härte ist $7^1/_2$, also für einen Edelstein nicht gerade hoch; das spezifische Gewicht beträgt nur 2,7

Smaragd findet sich auffallenderweise — abweichend von dem Vorkommen der übrigen Edelsteine — nur ganz ausnahmsweise in Seifen, er wird vielmehr am Orte seiner ursprünglichen Bildung eingewachsen in Glimmerschiefer oder Kalkstein gefunden. Schon im Altertume war der Smaragd bekannt und wurde in Ägypten in der Nähe der Küste des Roten Meeres bei Kosseir gegraben; später könnten auch von dem uralischen Fundorte an der Takowaia, östlich von Jekaterinburg, Steine in den Verkehr gekommen sein. Es scheint, daß der Smaragd bis zur Entdeckung Amerikas ein seltener Stein gewesen ist. Bei der Eroberung Mexikos und Perus fiel jedoch eine sehr große Menge der schönsten Smaragde in die Hände der Spanier, und auch heute noch liefert Südamerika sehr wertvolle Steine. Der Fundort befindet sich in der Kordillere der Anden in Columbien östlich vom Rio Magdalena bei dem Orte Muzo, und zwar werden die Smaragde dort im Kalkstein gefunden. Der Betrieb findet durch Tagebau statt. Die schon oben genannten uralischen Gruben sollen erst seit dem Jahre 1830 in Betrieb sein. Auch in den Salzburger Alpen, in einer Seitenschlucht des Habachthales, welches vom Ober-Pinzgau, dem Thale der Salzach, nach Süden zur gletscherbedeckten Venediger Gruppe ansteigt, kommen Smaragde im Glimmerschiefer vor, doch ist die Ausbeute an schleifwürdigen Steinen gering. Nordamerika hat von Stony-Point in Nord-Carolina eine beschränkte Zahl guter Steine geliefert. Hervorzuheben ist, daß die beiden an anderen Edelsteinen so reichen Länder, Brasilien und Ceylon, keine Smaragde liefern und daß über der Herkunft der indischen Steine ein geheimnisvolles Dunkel schwebt.


866. Beryll-Krystall.

Die Smaragdkrystalle sind zum Teil von beträchtlicher Größe, doch zeigen die meisten undurchsichtige Stellen, sogenannte Wolken, außerdem ist Smaragd oft rissig und enthält Glimmerschüppchen eingewachsen. Dieses ist der Grund, weshalb tadellose größere Steine äußerst selten sind und wohl höher im Preise stehen als gleich große Diamanten. Die Schifform alter Steine ist beim Smaragd besonders häufig der Tafelstein, wohl wegen der nur nach einer Richtung vorhandenen Spaltbarkeit. Neuerdings wird jedoch mehr der Brillantschliff angewendet.

Übrigens ist es dem Pariser Chemiker Hautefeuille gelungen, kleine Smaragde, schöne durchsichtige Kryställchen durch Zusammenschmelzen der natürlichen Bestandteile unter Zusatz von Chromoxyd als Färbemittel, künstlich darzustellen.

Die Zahl der Mineralien, welche dem Smaragd in der Farbe nahe kommen und gelegentlich unter seinem Namen auf den Markt gelangen, ist verhältnismäßig groß. Die wichtigsten dieser Pseudo-Smaragde sind die folgenden:

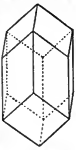
Chrysolith oder Edler Olivin besteht aus kieselsaurer Magnesia und verdankt seine ins Gelbliche spielende grüne Farbe einer Beimengung von Eisenoxydul, er wird von den Edelsteinhändlern häufig als hellgefärbter Smaragd untergeschoben, von dem er durch das höhere spezifische Gewicht 3,3 (gegen 2,7 spezifisches Gewicht des Smaragds) und durch die etwas niedrigere Härte unterschieden werden kann. Chrysolith ist sehr viel billiger als Smaragd, man kennt nur das Vorkommen loser Krystalle in Sanden und zwar in Oberägypten, auf Ceylon und in Brasilien. (Über Chrysolith von Ceylon vgl. unter Turmalin S. 328.)

Auch ein in Nordamerika bei Stony-Point im Staate Nord-Carolina übrigens mit dem Smaragd zusammen vorkommendes Mineral, der Hiddenit, welcher der Augitgruppe angehört und aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Lithium besteht, hat die schön sattgrüne Farbe des Smaragds und wird namentlich in Nordamerika geschätzt, wo er unter dem Namen Lithiumsmaragd in den Handel kommt. Er unterscheidet sich vom echten Smaragd durch die geringere Härte, $6^{1}/_{2}$—7 und durch das höhere spezifische Gewicht 3,2.

Kurz muß an dieser Stelle auch ein Halbedelstein, der Dioptas auch Kupfersmaragd genannt, erwähnt werden, da er durch seine dunkelsmaragdgrüne Farbe mit dem Smaragd verwechselt werden könnte, von welchem er sich durch den niedrigen Härte-

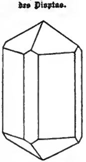
grad (5), durch das höhere spezifische Gewicht 3,3 und die geringe Durchsichtigkeit (er ist nur durchscheinend) unterscheidet. Er wird namentlich in Rußland, der Bucharei und in Persien als Schmuckstein verwendet; der wichtigste Fundort liegt in den westlichen Ausläufern des Altai, dort finden sich Krystalle von der Form der Abb. 367 aufgewachsen in Hohlräumen des Kalksteins, außerdem kommt er in den Goldseifen des Jenissei und zuweilen auch im Congogebiet vor. Die chemische Zusammensetzung ist kieselsaures wasserhaltiges Kupferoxyd. Wegen der geringen Härte und Durchsichtigkeit ist sein Wert auf dem europäischen Markte kein hoher.

Übrigens kommt auch Turmalin von tief grüner Farbe als brasilianischer Smaragd in den Handel, und namentlich in Rußland wird auch der seltene grüne Granat, Demantoid, zuweilen als Smaragd untergeschoben. Der letztere würde sich durch das höhere Gewicht und die geringere Härte unterscheiden lassen, den Turmalin erkennt man am leichtesten daran, daß er starken Dichroismus zeigt, nämlich senkrecht zur Tafel angesehen erheblich dunkler erscheint, als von der Seite betrachtet.



367. Krystallform des Dioptas.

Aquamarin ist sehr viel häufiger als Smaragd und kommt auch in großen tadellosen Stücken vor, daher ist der Preis nur ein niedriger. Er findet sich zwar auch wie der Smaragd in Felsarten eingewachsen, doch ist das Vorkommen in Seifen häufiger. Die Farbe ist meistens licht grünlichblau, weshalb die Steine, um die Färbung noch gut hervortreten zu lassen, ziemlich dick — gewöhnlich im Brillantschliff — gehalten werden. Satter gefärbte Steine, die dann dem Saphir ähnlich werden, kommen wohl nur von Royalstone in Massachusetts, Nordamerika. In Brasilien wird der Aquamarin zum Teil in Stücken von mehreren Pfund Gewicht in den Edelsteinseifen gefunden, am Ural kommen die schönsten Steine aus der Gegend von Mursinsk und Schaitansk in der Nähe von Jekaterinburg, und zwar sind dieselben zum Teil in Krystallen von 2—3 dcm Länge in grobkörnigem Granit eingewachsen. Die bekanntesten sibirischen Fundorte liegen in Transbaikalien im Kreise Nertschinsk, der übrige Teil von Asien hat nur wenig Aquamarin geliefert, so sind Ostindien und Ceylon nicht reich an diesem Edelstein. In Nordamerika werden außer den schon erwähnten dunkleren Steinen heller gefärbte an mehreren Fundorten in Nord-Carolina und auch in Colorado gefunden.



368. Zirkon.

Dem Beryll-Aquamarin sehr ähnlich in der Farbe kommt der Topas vor, der häufig auch als Aquamarin verkauft wird. Die Unterscheidung bei ungefaßten Steinen ist nicht schwierig, da Topas (spezifisches Gewicht 3,5) erheblich schwerer ist als Beryll, ersterer geht in Metylenjodid unter, während Beryll darin schwimmt.

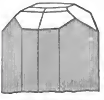
Zirkon.

Zu den seltener im Edelsteinhandel vorkommenden Mineralien gehört der Zirkon; die rotgelben Steine mit einem Stich ins Braune heißen Hyazinth, sie sind jetzt weniger gesucht. Farblose Zirkone, Jargon genannt, kommen in der Natur vor, auch kann man dieselben künstlich durch Glühen der gefärbten Steine herstellen; wegen des lebhaften Feuers, welches ihnen eigen ist, werden sie zuweilen als Diamanten angeboten. Zirkon ist der schwerste Edelstein (spezifisches Gewicht 4,6—4,7), wodurch er leicht von allen anderen unterschieden wird, die Härte ist $7\frac{1}{2}$, er besteht aus kieselsaurer Zirkonerde und krystallisiert in einer vierseitigen rechtwinkeligen Säule mit abgestumpften Kanten, beim Hyazinth sind die Enden meistens, wie Abb. 368 zeigt, pyramidal abgeschrägt. Der Zirkon findet sich mit anderen Edelsteinen zusammen in den Edelsteinseifen Ceylons, Brasiliens und Australiens. Übrigens muß auch an dieser Stelle erwähnt werden, daß als echter Hyazinth zuweilen der ihm in der Farbe sehr nahe stehende Hessonit-Granat von Ceylon (s. Granat, S. 329) untergeschoben wird. Am geringeren spezifischen Gewicht (3,6) ist der letztere leicht zu erkennen, während die Härte fast die gleiche ist.

Topas.

Der Topas ist ein Thonerde-Silikat, welches sich durch seinen hohen Fluorgehalt (17%) in chemischer Beziehung auszeichnet. Die Härte ist 8, das spezifische Gewicht 3,5. Topas ist ein häufiges Mineral, er kommt namentlich im Granit und zwar oft zusammen mit Zinnerz vor, außerdem als lose Krystalle in den Edelsteinseifen. Die Krystallform ist eine rhombische Säule, eine der häufigeren Ausbildungen des Säulenendes zeigt Abb. 369, übrigens spalten die Säulen leicht rechtwinkelig zur Längsrichtung und ist deshalb Vorsicht beim Umgehen mit Topasen geboten. Es sind Krystalle von 10 und mehr Zentimeter Länge bekannt, z. B. von Mursinsk im Ural. Wegen der Spaltbarkeit wurde der Topas früher oft zu Tafelsteinen verschliffen oder erhielt Treppenschnitt, jetzt wird mehr der Brillantschliff vorgezogen, den man früher nur bei besonders schönen Steinen zur Anwendung brachte.

Für den Edelsteinhandel kommen namentlich die folgenden Fundorte in Betracht. Aus den Seifen des Rio Belmonte in Brasilien, Provinz Minas Geraes, stammen wasserhelle Topase, welche goutte d'eau oder portugiesisch pingos d'agoa, zu deutsch „Wassertropfen", genannt und zuweilen als Diamanten untergeschoben werden. So soll der vielgerühmte Diamant des portugiesischen Kronschatzes „der Braganza" von 1680 Karat Gewicht ein weißer Topas sein. Durch die geringere Härte sind diese Steine als Topase erkennbar. Die gold- oder honiggelben Topase werden in den berühmten Gruben von Ouro Preto, der Hauptstadt der Provinz Minas Geraes (früher Villa Rica genannt), mit schönem Bergkrystall zusammen gefunden. Durch Glühen unter Luftabschluß, z. B. in Kohlenpulver eingehüllt, verwandelt sich die gelbe Farbe dieser Steine in Rosa. Solche gebrannte Topase werden als brasilianische Rubine verkauft. Rußland liefert, namentlich aus den Goldseifen des Orenburger Gouvernements, viele und schöne Topase von der grünlichblauen Farbe des Aquamarins (Beryll), sie lassen sich von diesen durch die etwas größere Härte und das erheblich höhere spezifische Gewicht (Topas 3,5; Beryll 2,7) unterscheiden, sind aber auch an und für sich beliebt. In Methylenjodid sinkt Topas zu Boden, während Beryll schwimmt. Steine, deren Farbe sich dem reinen Blau mehr nähert, werden als brasilianische Saphire verkauft. Neuerdings kommen auch große Mengen Topas von Aquamarinfarbe aus Japan, wo sie in Seifen als lose Krystalle, zum Teil an den Kanten und Ecken abgerollt, gefunden werden.



369. Topas vom Schneckenstein in Sachsen.

Die sächsischen Topase vom Schneckenstein bei Auerbach im Vogtlande sind wegen ihrer ganz hellgelben (weingelben) Farbe nicht gerade geschätzt und sind nur selten verschliffen worden. Im Grünen Gewölbe in Dresden befinden sich einige größere Steine.

Zuweilen wird gelber Topas durch Glasflüsse nachgeahmt, die durch Uranoxyd gefärbt werden; auch gelber Quarz, Citrin (vgl. S. 333), wird wohl für Topas ausgegeben, kann jedoch durch die geringere Härte und das niedrigere spezifische Gewicht 2,6 unterschieden werden.

Opal, Edelopal.

Opal besteht aus wasserhaltiger Kieselsäure, und zwar ist diese ohne krystallinisches Gefüge, man sagt amorph, er ist durchscheinend und tritt in verschiedenen Abarten auf. Allen gemeinsam ist das geologische Vorkommen in den Hohlräumen und Spalten jüngerer eruptiver Gesteine, wo die Ablagerung durch die Thätigkeit heißer Quellen erfolgt sein dürfte. Der gemeine Opal von weißer oder grauer Farbe hat keinen Wert, dagegen sind der Edelopal und der Feueropal, besonders der erstere, geschätzt.

Der Edelopal besteht aus einer durchscheinenden milchig weißen Masse, welche ein eigenartiges Farbenspiel, das Opalisieren, zeigt, indem grüne, rote, gelbliche und bläuliche Lichtpunkte aufblitzen und beim Drehen des Steines beständig ihre Lage ändern.

Die grün und rot funkelnden sind am gesuchtesten. Der Opal hat zwar nur die Härte $6^1/_2$, also weniger als Quarzhärte, auch ist er leicht zerbrechlich, da das Farbenspiel wahrscheinlich davon herrührt, daß der Stein von einer Vielzahl sehr feiner Sprünge durchzogen ist, dennoch nimmt er eine schöne Politur an und ist wegen seiner Eigenart sehr beliebt. Er wird stets mugelig geschliffen mit ovaler Grundform. Schon die alten Römer kannten und schätzten den Stein. Die reichsten Fundorte sind Dubnik bei Cservenica in Ungarn, am Südabhang der Karpathen in der Gegend des weinberühmten Tokaj, und erst seit neuerer Zeit der Mount Remarquable in Südaustralien. An beiden Orten wird regelrechter Bergbau betrieben, merkwürdigerweise kommen die ungarischen Edelopale als orientalische in den Handel. Die australischen bilden oft sehr dünne Überzüge oder Spaltenausfüllungen in einem dunkelbraunen Muttergestein und werden zum Teil so verschliffen, daß auf der Unterseite des Steines, um dessen Haltbarkeit zu erhöhen, eine Rinde des Gesteins verbleibt, diese Steine werden schwarze Opale genannt. Die schönsten ungarischen Opale befinden sich im kaiserlichen Schatze zu Wien, der größte ist über 10 cm lang. Nachahmungen des Edelopals werden aus Glasflüssen gefertigt, sind jedoch leicht als solche zu erkennen.

Der Feueropal, von der feuerroten Farbe so genannt, hat wenig Farbenspiel und wird deshalb seltener verschliffen; der Hauptfundort ist Zimapan im Staate Oaxaka, Mexiko.

Türkis.

Der Türkis ist hellblau bis grünlichblau, aber undurchsichtig; am geschätztesten sind die himmelblauen wachsglänzenden Steine; er wird mugelig geschliffen und nimmt eine hohe Politur an, die Härte beträgt nur 6, d. h. er wird von Stahl deutlich geritzt. Schon im Altertume war der Türkis als Schmuckstein beliebt, Plinius erwähnt ihn als Callais, wovon der heutige mineralogische Name Calait hergeleitet ist; auch den Ureinwohnern Amerikas war der Türkis bekannt. Er besteht aus wasserhaltiger phosphorsaurer Thonerde, die Farbe rührt von einem kleinen Kupfergehalt her, am Sonnenlichte blaßt der Türkis allmählich aus, auch geht die blaue Färbung mehr ins Grünliche über.

Der berühmteste Fundort des Türkises ist Nischapur in der nordwestlichsten Provinz Persiens Chorasan, dem alten Parthien, dort kommt derselbe auf Klüften eines trachytischen Gesteins vor. 200 Arbeiter gewinnen das geschätzte Mineral, zum Teil in Gruben, zum Teil in Tagebauen, der eigentliche Markt für den rohen Türkis ist die Provinzialhauptstadt Meschhed, welche auch als Hauptmarkt für europäische Waren bekannt ist. Die besten und größten Steine, und es kommen solche von mehreren Zollen Länge vor, werden einzeln gehandelt, bessere Steine kosten in Meschhed 2500—4000 Mk. das Kilogramm, sie gelangen meistens auf dem Umwege über Rußland in den Handel. Minderwertige Steine werden in Persien selbst zum Besetzen von Amuletts, der Griffe und Scheiden von Dolchen und Schwertern benutzt, übrigens versteht man es, etwaige Fehler größerer Steine, die in braunen Adern und Flecken bestehen, durch Gravierung von Ornamenten oder Koransprüchen zu verbergen. Den jährlichen Wert der Rohproduktion von Nischapur schätzt man auf 40000—50000 Mk.

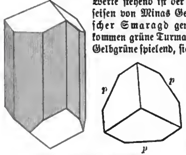
Auf ähnlicher Lagerstätte kommt der Türkis im Megarathal der Halbinsel Sinai vor; ausgedehnte bergmännische Baue und die mit Basreliefs und Hieroglyphen bedeckten Felswände beweisen das hohe Alter dieses Betriebes. Ein in neuerer Zeit gemachter Versuch, den Bergbau wieder aufzunehmen, war erfolglos. Dagegen sind vor wenigen Jahren südlich von Santa Fé, der Hauptstadt Neumexikos, die Türkisgruben wieder in Betrieb genommen worden, die schon von den Ureinwohnern Amerikas ausgebeutet wurden, die Farbe der Steine ist hier vorwaltend grünlich. Steine von geringerem Werte werden auch gefunden zu Domsdorf und Jordansmühl am Zobten in Schlesien und im sächsischen Vogtlande zu Ölsnitz und Meßbach und zwar an diesen Fundorten in einem geschichteten Gestein, dem Kieselschiefer.

Im Handel kommen vielfach unechte Türkise vor, sehr häufig sind die Zahn- oder Beintürkise, welche auch occidentalische Türkise oder Türkise vom neuen Stein genannt werden, im Gegensatz zu dem echten oder orientalischen Türkis. Es finden sich nämlich

Zähne von Mammut, welche entweder an ihrem Fundorte auf natürliche Weise oder künstlich durch Metallsalze gefärbt sind. Am sichersten erkennt man die Zahntürkise in dünnen Splittern unter dem Mikroskope daran, daß sie die dem Elfenbein eigentümliche Streifung zeigen. — Auch ein ähnliches Mineral, Lazulith, das z. B. in den krystallinen Schiefern der Alpen vorkommt, wird zuweilen als Türkis untergeschoben, kann jedoch durch das höhere spezifische Gewicht, welches 3,1 beträgt, erkannt werden. In neuerer Zeit ist es auch gelungen, Türkis von der nämlichen Zusammensetzung des natürlichen künstlich herzustellen; derartige Steine sind äußerst schwer von den echten zu unterscheiden, doch sollen sie beim Gebrauch rauh werden, während der echte Türkis stets den speckigen Glanz behält.

Turmalin und Granat.

Turmalin hat nur dann einen besseren Preis, wenn er einen hohen Grad von Durchsichtigkeit besitzt und nach seiner Farbe für Rubin oder Smaragd verkauft werden kann; man nennt den roten Turmalin auch Rubellit, Siderit oder sibirischen Rubin; er wird namentlich zu Schaitansk bei Jekaterinburg gefunden. Blauer Turmalin, der übrigens recht selten ist, kommt zuweilen als brasilianischer Saphir oder Indigolith im Edelsteinhandel vor. Am häufigsten und daher im niedrigsten Werte stehend ist der tiefgrüne Turmalin, welcher in den Edelsteinseifen von Minas Geraes in Brasilien gefunden und brasilianischer Smaragd genannt wird. Auch in den ceylonischen Seifen kommen grüne Turmaline vor, ihre Farbe ist jedoch hell und mehr ins Gelbgrüne spielend, sie heißen wohl auch Chrysolithe von Ceylon.

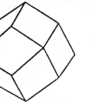


370 u. 371. Turmalin-Krystall.
p Dreiseitiges Prisma.

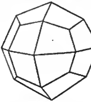
Turmalin an und für sich ist ein recht häufiges Mineral, er besteht aus einer größeren Zahl wasserhaltiger Silikate mit einem etwa 10% betragenden Gehalte an Borsäure; die meisten Turmaline sind eingewachsen in grobkörnigem Granit und undurchsichtig, entweder braun oder schwarz, sie werden mineralogisch auch Schörl genannt. Allen Turmalinen gemeinsam ist die säulige Krystallform, an der eine sechsseitige und eine dreiseitige Säule vorherrschen, so daß ein kaum an einem anderen Minerale vorkommender neunseitiger Säulenquerschnitt entsteht (s. Abb. 370 u. 371). Die Säulen sind meistens nur an einem Ende und zwar vorherrschend durch drei Krystallflächen begrenzt, abgebrochene Stücke zeigen muscheligen Bruch. Die Härte ist nur wenig höher als die des Quarzes, das spezifische Gewicht schwankt zwischen 3,0 und 3,1. Die Unterscheidung des roten und grünen Turmalins (der blaue kommt wegen seiner großen Seltenheit kaum in Betracht) von Rubin und Smaragd ist außer durch die Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes und durch den Härteunterschied noch dadurch erleichtert, daß Turmalin durch Reiben in sehr hohem Maße elektrisch wird und es auch längere Zeit bleibt, so daß er kleine Papierschnitzel anzieht; außerdem zeigen die durchsichtigen Turmaline ausgezeichneten, schon mit dem bloßen Auge erkenntlichen Dichroismus, sie sind in Richtung der Hauptachse erheblich dunkler, als rechtwinkelig dazu. Übrigens erhalten die schwarzen und braunen Turmaline ihre Farbe durch einen hohen Eisengehalt, die roten sind eisenfrei und wahrscheinlich durch Mangan gefärbt, den grünen gibt zum Teil Eisen, zum Teil Chrom die Farbe.

Die Mineralien der Granatgruppe liefern einen sehr wesentlichen Beitrag zu den beliebteren Edelsteinen. Unter der Bezeichnung Granat versteht man eine Anzahl von Silikaten, die zwar verschiedene Metalle enthalten, jedoch in der Hauptsache übereinstimmend zusammengesetzt sind, indem in den Varietäten ähnliche Metalle sich gegenseitig vertreten. Das spezifische Gewicht schwankt in ziemlich weiten Grenzen, von 3,6 bis 4,2; auch die Härte ist etwas verschieden, bei den roten Granaten etwas höher

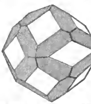
als 7, beim grünen Demantoid nur $6^1/_2$. Spaltbarkeit ist nicht bemerkbar. Allen Granaten gemeinsam ist die Krystallform (Abb. 372—374). Das Rhombendodekaeder ist beim Granat so häufig, daß es oft Granatoeder genannt wird; außerdem kommt der Deltoid-Vierundzwanzigflächner an vielen Fundorten vor, und zwar sind seine Flächen oft mit feinen Streifungen in der Richtung der einen Diagonale versehen. Auch die Vereinigung beider Krystallgestalten (Abb. 374) tritt häufig auf, indem die Flächen des Vierundzwanzigflächners die Kanten des Rhombendodekaeders abstumpfen. Granat bildet, wenn auch nicht gerade häufig, als Gebirgsart den Granatfels; ferner finden sich ringsum ausgebildete Granatkrystalle und zwar bis zu Faustgröße in anderen Gesteinen, z. B. den krystallinischen Schiefern und im Serpentin eingewachsen, auch in Drusenräumen auskrystallisiert, und endlich kommt der Granat in vielen Seifen ausgewittert und abgerollt in losen Körnern vor. Die letztere Art des Auftretens liefert das meiste Material für die Edelsteinindustrie, zum Teil in so großen Massen, daß kleinere Steine nur geringen Wert haben, das Kilogramm nur einige Mark. Größere schleifwürdige Steine sind jedoch selten und erzielen wohl Preise bis zu 200 Mk. das Karat. Granat kommt in verschiedenen roten Farbentönen oft mit einem Stich ins Braune, Gelbe, Violette, auch schön dunkelgrün vor; von blauer Farbe ist er nicht bekannt. Größere durchsichtige Steine, welche mit Rubin und Smaragd Ähnlichkeit haben, erhalten Brillantschliff (zuweilen wird die Tafel nicht eben, sondern gewölbt



372.
Rhombendodekaeder.



373.
Deltoid-Ikositetraeder.



374. Kombination des Rhombendodekaeders und des Deltoid-Ikositetraeders.

372—374. Krystallformen des Granats.

geschliffen), außerdem kommen zwar alle Arten des Schliffes vor, doch sind Rosen und mugeliger Schliff am häufigsten. Bei sehr dunklen Steinen und mugeligem Schliff wird oft die Unterseite ausgehöhlt, man nennt derartige Steine Granatschalen; die Farbe wird hierdurch lebhafter, der Stein erscheint durchsichtiger. Die Rosen werden im Kasten auf Kupfer- oder Silberfolie gefaßt oder — wie namentlich die böhmischen — en pavé, d. h. die einzelnen Rosen werden auf entsprechend durchlochten Metallblechen durch Stifte so befestigt, daß sie über den Durchbrechungen zu liegen kommen. Auf diese Weise werden öfters größere Flächen mit Steinen bedeckt.

Übrigens kann man den Granat durch Zusammenschmelzen seiner natürlichen Bestandteile künstlich herstellen; das Verfahren ist jedoch kostspielig und dürfte bei dem geringen Werte des Rohmaterials kaum vorteilhaft sein. Dagegen wird der Granat häufig durch Glasflüsse nachgeahmt, die in allen Fällen an der geringen Härte kenntlich sind.

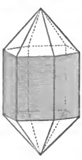
Als Edelsteine gelangen namentlich die folgenden Granatarten in den Verkehr:

Der Hessonit oder nach der chemischen Zusammensetzung Kalk-Thon-Granat wird aus den bekannten Edelsteinseifen von Matura auf Ceylon, wo er in größeren Stücken vorkommt, eingeführt; er hat die Farbe des Hyazinth (Zirkon), d. i. rot, mit einem Stich ins Braune oder Gelbe, und ist mit diesem sehr häufig verwechselt worden. Hessonit hat jedoch nur das spezifische Gewicht 3,6 und würde sich von dem sehr viel schwereren eigentlichen Hyazinth (spezifisches Gewicht 4,6) hierdurch leicht unterscheiden lassen. Auf Ceylon, dem Lande des Zimtbaumes, welcher die dem Hyazinthrot ähnlich gefärbte Zimtrinde, im Handel auch Kaneel genannt, liefert, lag der Vergleich mit diesem Produkt nahe, der Hessonitgranat führt daher auch den Namen Kaneelstein.

Der Almandin, auch edler oder orientalischer Granat genannt, ist chemisch ein Eisen-Thon-Granat, hat blutrote oder karminrote Farbe, oft mit einem Stich ins Violett. Am geschätztesten sind die rein roten, sie werden zuweilen als Rubin angeboten, dem sie im spezifischen Gewicht, welches 4,1—4,2 beträgt, sehr nahe stehen, von dem sie sich aber durch die erheblich geringere Härte unterscheiden. Die bekanntesten Fundorte der Almandine sind Syrien, Ceylon und die Diamantseifen von Bahia in Brasilien.

Dem vorigen an Farbe nahestehend — doch hat das Rot oft einen Stich ins Bräunliche — ist der Pyrop, von dem Hauptfundort auch böhmischer Granat genannt, chemisch ist es ein Chromgranat. Das Vorkommen dieses Granats in mächtigen Seifenablagerungen über einen ziemlich ausgedehnten Landstrich südlich von Bilin im nördlichen Böhmen — die ergiebigsten Fundstellen befinden sich bei Meronitz — hat zu einer sehr bedeutenden Edelsteinindustrie Veranlassung gegeben, die beim Graben, Schleifen und Fassen der Granaten 8—900 Arbeiter ständig beschäftigt. Einer der Hauptsitze dieser Industrie ist Turnau a. d. Iser, woselbst auch eine staatliche Fachschule für Bearbeitung und Fassung von Edelsteinen besteht.

Zum Pyrop gehören auch die in Nordamerika zuweilen im Edelsteinhandel vorkommenden sogenannten Arizona- und Colorado-Rubine.



375. Allseitig ausgebildeter Quarzkrystall.

Dagegen ist es zur Zeit noch zweifelhaft, ob die in Südafrika mit den Diamanten sowohl in den Seifen des Vaalflusses, als auch in den „yellow ground" und „blue ground" genannten Tuffen in beschränkter Zahl vorkommenden blutroten Granaten, die zuweilen das reine Rubinrot zeigen, zum Teil aber auch einen Stich ins Bläuliche haben, zum Pyrop oder zum Almandin zu stellen sind. Rubinrote Steine gehen als Kaprubin in den Handel und erzielen zuweilen hohe Preise.

Endlich findet sich in den uralischen Seifen, allerdings selten, ein tiefgrüner bis gelblichgrüner Granat, Demantoid oder Kalk-Eisen-Granat, der in den dunkleren Steinen dem Smaragd recht ähnlich ist. Dieser Granat dürfte jedoch auf dem deutschen Markte kaum vorkommen, er würde sich durch die geringe Härte $6^1/_2$ und das hohe spezifische Gewicht 3,8 leicht erkennen und vom echten Smaragd unterscheiden lassen.

Halbedelsteine und Schmucksteine.

Die Gruppe der Quarze.

Sowohl was die Menge des verwendeten Materials als auch die Mannigfaltigkeit nach Farbe, Durchsichtigkeit und Glanz betrifft, stehen unter den Halbedelsteinen die Varietäten des Quarzes in erster Linie. Quarz besteht aus reiner Kieselsäure, hat die Härte 7 und das spezifische Gewicht 2,65, deutliche Spaltbarkeit ist nicht vorhanden, der Bruch ist an Krystallen muschelig, an dichten Massen splitterig. Quarz ist eines der allerhäufigsten Mineralien und kommt als wesentlicher Bestandteil vieler Gesteine vor; eingelagert in den krystallinischen Schiefern bildet milchweißer Quarz ein selbständiges Gestein, den Quarzitfels. Fast überall, wohin wir im anorganischen Reiche den Blick wenden: im Granit und Porphyr, in den krystallinischen Schiefern, in den Konglomeraten, Sandsteinen und Sanden, auch auf den Lagerstätten der Erze als Gangart, immer wieder finden wir den Quarz, freilich in unansehnlichem Gewande, undurchsichtig, mit fettigem Glanze, schmutzig weiß oder doch von wenig ausgesprochener Farbe. Wo sich Krystalle ausgebildet haben, treten fast immer dieselben Formen auf (Abb. 375), die sechsseitige Säule, häufig quer gestreift, vereinigt mit der sechsseitigen Pyramide. Sind die Krystalle eingewachsen, so sind sie wohl allseitig ausgebildet, sind sie auf eine Unterlage aufgewachsen — und in dieser Ausbildung gibt es bis zentnerschwere Krystalle — so ist nur das eine Ende durch Pyramidenflächen von oft sehr ungleicher Ausdehnung begrenzt (vgl. Abb. 376).

Die Abänderungen des Quarzes, die als Schmuckstein Verwendung finden, zeichnen sich entweder durch hohe Grade der Durchsichtigkeit, durch schöne Färbung oder durch

eigenartigen Glanz aus; die Härte ist hinreichend, um die geschliffenen Flächen vor Verletzungen zu schützen, die Politurfähigkeit ist eine sehr hohe. Die Zahl der Varietäten ist außerordentlich groß, so daß es dem Laien schwer fallen muß, den Quarz in allen diesen Abarten, die übrigens auch besondere Namen erhalten haben, wieder zu erkennen. Die Übersicht wird erleichtert, wenn wir die wichtigsten von den vielen Bezeichnungen, welche der Edelsteinhandel kennt, in größere Gruppen einteilen.

Der durchsichtige krystallisierte Quarz heißt in farblosen Krystallen „Bergkrystall", bei bräunlicher Farbe Rauchquarz oder Rauchtopas, bei violetter Farbe Amethyst und bei gelber Citrin. Sodann gibt es Quarze mit Einschlüssen fremder Mineralien; hierher gehören die Haarsteine, der seltenere Saphirquarz, das Katzenauge und Tigerauge, endlich der Avanturinquarz. Farbige, aber undurchsichtige Quarze sind der Rosenquarz, Chrysopras, Prasem, Plasma, Heliotrop, Jaspis. Eine besondere Stellung nehmen die Chalcedone durch die eigenartige Struktur und Farbenzeichnung ein, man unterscheidet gemeinen Chalcedon, Karneol und Achat.

Die häufigste Schliffform für die durchsichtigen Quarze ist der Brillant- und Tafelschliff, es kommen aber gelegentlich alle anderen Formen des Schliffes vor. Die Quarze mit Einschlüssen werden gewöhnlich mugelig (rundlich) geschliffen, die undurchsichtigen zu Platten, Siegelringsteinen, Manschettenknöpfen und vielerlei kleineren Schmuckgegenständen verarbeitet. Die Achate liefern ein sehr geschätztes Material zum Schneiden von Gemmen.

Wir werden die Quarzvarietäten in der angegebenen Reihenfolge besprechen und etwaige weitere Bezeichnungen von Interesse, deren es noch sehr viele gibt, gelegentlich erwähnen.

Durchsichtige krystallisierte Quarze.

Der Bergkrystall ist farblos, in den schönsten Stücken völlig wasserhell, stark glänzend, er kommt, in zum Teil sehr großen Krystallen, wie die anderen krystallisierten Quarze in Höhlungen, auf Klüften und in den Drusenräumen von Quarzgängen, namentlich im Gebiete des Granites, Gneises und Glimmerschiefers vor. Die Höhlen sind oft außerordentlich groß und werden in den Alpen Krystallkeller genannt, einer der bekanntesten Funde ist derjenige am Zinkenstock im Berner Oberlande in der Nähe der Grimsel, woselbst im Jahre 1719 eine Krystallhöhle erschlossen wurde, welche etwa 1000 Ztr. Bergkrystalle zum großen Teile in schleifwürdiger Reinheit lieferte. In den Alpen heißen die Krystallsucher Strahler, sie steigen aus den Thälern, wenn die Bewirtschaftung des kleinen Anwesens es erlaubt, mit den nötigsten Lebensmitteln versehen und mit Pickel und Hammer, wohl auch mit Bohrer und Sprengpulver ausgerüstet bis in die Region des ewigen Eises hinauf. Dort suchen sie die zerrissenen Felswände des Hochgebirges ab und führen oft wochenlang ein einsames, abenteuerndes Dasein, stets auf einen reichen Fund hoffend, der ihnen doch nur selten in die Hände fällt. Außer den Bergkrystallen und Rauchquarzen sammeln sie auch andere Mineralien, die gerade in den Alpen in großer Mannigfaltigkeit vorkommen und von Liebhabern und Händlern in schönen Stücken gut bezahlt werden.

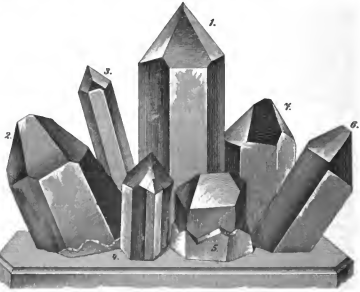
Kleinere ringsum ausgebildete Bergkrystalle kommen auch eingewachsen, z. B. in dem berühmten Marmor von Carrara, dann in den Sandsteinen und Thonschiefern der Marmarosch im nordöstlichen Ungarn vor, dort unter dem Namen Marmaroscher Diamanten.

Außer in Krystallen kommt der Bergkrystall in Flußläufen und im Schwemmlande in abgerollten Stücken vor, die zwar äußerlich durch den Abrieb rauh und trüb erscheinen, im Inneren jedoch völlig durchsichtig sind, sie finden sich auch im Rhein, wohin sie durch die Zuflüsse aus den Alpen gelangt sind, und werden Rheinkiesel genannt. Namentlich Madagaskar, Brasilien, Indien und Nordamerika liefern dieses Material zum Teil in sehr großen Stücken. Die nordamerikanischen Bergkrystalle kommen unter dem Namen Arkansas-Diamanten in den Handel.

Bergkrystall vom reinsten Wasser wird auch heute wohl noch zu Schmucksteinen verschliffen, größere Stücke wurden namentlich in früheren Jahrhunderten zu Prunkgefäßen von hohem Werte, Schalen, Bechern und dergleichen verarbeitet, auch sind sie zuweilen,

namentlich die in indischen Werkstätten entstandenen äußerlich mit künstlerisch ausgeführten Darstellungen versehen und haben dann bedeutenden Kunstwert. Mit der weiteren Entwickelung der Glasindustrie und der Einführung des Porzellans nahm die mühevolle Verarbeitung des Bergkrystalls zu größeren Gefäßen schnell ab, dagegen trat die Verwendung zu technischen Zwecken mehr in den Vordergrund. Heute werden große Mengen des reinsten Bergkrystalls zu Brillengläsern, zu Linsen für optische Instrumente, zu unveränderlichen Gewichtssätzen für wissenschaftliche Zwecke, zu Zapfenlagern für Wagen u. dergl. verarbeitet.

Rauchquarz, auch **Rauchtopas** genannt, ist ein hell- bis dunkelbrauner durchsichtiger Quarz, er ist der einzige Schmuckstein, der in dieser Farbe häufiger vorkommt. Sehr dunkel gefärbte Krystalle heißen auch **Morion**. Die Färbung dürfte durch eine organische Verbindung veranlaßt sein, da man beim Zerschlagen von Rauchquarz zuweilen einen bituminösen Geruch bemerkt, auch spricht hierfür der Umstand, daß Rauch-



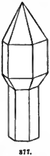
376. Die große Rauchquarz-Gruppe im Museum zu Bern.

quarz bei mäßiger Erhitzung schön gelb, bei stärkerer aber farblos wird und dann vom Bergkrystall nicht zu unterscheiden ist. Die gelb gebrannten Steine werden im Handel oft als Citrin (s. weiter unten) oder als Topas ausgegeben. Die größte Menge der Rauchquarze liefern die Alpen, so fand man im Jahre 1868 in einer Krystallhöhle am Tiefengletscher, oberhalb der Furkastraße mehr als 250 Ztr. in zum Teil sehr großen Krystallen. Die größten und am besten erhaltenen befinden sich im Berner Museum zu einer interessanten Gruppe vereinigt. Der schönste Krystall, **König** genannt (1 der Abb. 376), hat 87 cm Höhe, 1 m Umfang und 125 kg Gewicht, der **Großvater** oder **Dicke** (2) hat 69 cm Höhe, 163 cm Umfang und 133 kg Gewicht, ein besonders schlanker Krystall, der **Arm** (3), hat 19 kg Gewicht. Der **Jüngling** (4) von 28 kg, der **Spiegel** (5) von 16 kg und die **Zwillinge** (6 und 7) 62 und 65 kg schwer, dabei 72 und 71 cm hoch vervollständigen diesen wertvollen Schatz.

Von anderen Fundorten sind namentlich der Pikes Peak in Colorado und Cairngorm in Schottland zu nennen, wo sich der Rauchquarz besonderer Beliebtheit erfreut. Auch als Geschiebe in Seifen kommt er z. B. auf Ceylon vor.

Wohl die schönste Abart des Quarzes ist der Amethyst, in den geschätztesten Stücken dunkel violett, von gleichmäßiger Farbe und völlig durchsichtig; es ist wohl zu beachten, daß viele Amethyste bei künstlicher Beleuchtung an Reinheit der Farbe einbüßen, die mehr ins Graue übergeht, man sollte es nicht unterlassen, Schmucksteine mit Rücksicht hierauf zu prüfen. Über die Ursache der Färbung des Amethystes ist man noch nicht völlig im klaren, wahrscheinlich bilden Manganverbindungen das Pigment. Beim Erhitzen verhält sich der Amethyst ähnlich wie der Rauchquarz, die violette Farbe geht zunächst in ein schönes Gelb, dann aber ins Grünliche über, schließlich bei weiterer Steigerung der Temperatur werden die Steine farblos. Viele gebrannte Amethyste gehen als Topas oder Citrin in den Handel. Der Preis tadelloser großer Amethyste ist seit der Erschließung der brasilianischen Fundstätten sehr bedeutend gesunken, man bezahlt größere dunkel gefärbte Steine mit 10 bis 12 Mark für das Karat. Amethyst und Citrin kommen in ähnlicher Weise vor wie der Bergkrystall und Rauchquarz, doch sind große schleifwürdige Stücke seltner; außer in der oben unter Bergkrystall angegebenen Weise kommen jedoch beide in guten durchsichtigen Krystallen auch in den Drusen der Mandelsteine vor, die bei den Chalcedonen (S. 336) näher besprochen werden sollen. Übrigens ist beim Amethyst eine durch unterbrochenes Wachstum entstandene eigenartige Krystallform (Zepterkrystall, s. Abb. 377) zuweilen zu beobachten.

In Deutschland kamen die Amethyste früher in Mandelsteinen der Umgegend des durch die Steinschleiferei berühmten Ortes Oberstein vor, diese Fundorte sind längst erschöpft, heute werden große Mengen von Amethyst aus Brasilien und Uruguay eingeführt, zum Teil in großen Mandelsteinen, zum Teil als abgerollte Geschiebe, auch die Edelsteinseifen von Ceylon liefern erhebliche Mengen. Den Ureinwohnern Mexikos waren Fundorte schöner Amethyste bekannt, wie wir aus Beigaben in alten Gräbern schließen müssen, die Kenntnis des Vorkommens ist jedoch verloren gegangen. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika und die Gruben des russischen Staates bei Mursinsk am Ural liefern nur kleinere Mengen von Steinen, die auf dem Weltmarkt keine Rolle spielen. Als bemerkenswert mag hervorgehoben werden, daß auf den Erzgängen zu Schemnitz in Ungarn schöne Drusen von Amethysten vorkommen, die jedoch nicht so satt und gleichmäßig in der Farbe sind, daß sie verschliffen werden.



377. Zepterkrystall, Amethyst.

Citrin ist schleifwürdiger gelber Quarz, die Farbe ist etwas verschieden, vom Dunkelweingelb bis zum Honiggelb und Bräunlichgelb. Man hat früher wohl angenommen, daß gelber Quarz in der Natur nicht vorkommt und daß Citrin stets durch Brennen von Rauchquarz oder Amethyst künstlich erzeugt wird, in neuerer Zeit ist jedoch mit aller Bestimmtheit natürlicher gelber Quarz nachgewiesen und zwar mit Amethyst zusammen in Brasilien und Uruguay, auch zu Mursinsk am Ural, hier allerdings seltener. In Spanien sollen in der Provinz Cordoba gelbe Quarze in größeren Mengen gefunden werden, sie kommen unter der Bezeichnung spanische Topase auf den Markt. Übrigens wird gelber Quarz häufig — im Edelsteinhandel wohl in der Regel — für Topas ausgegeben, die Unterscheidung läßt sich mit Hilfe der Härte (Quarz 7, Topas 8) und des spezifischen Gewichtes (Quarz 2,65, Topas 3,5) recht wohl durchführen.

Quarze mit Einschlüssen.

Zu den Schmucksteinen aus der Familie der Quarze sind auch eine Anzahl von Vorkommen zu rechnen, die dadurch bemerkenswert sind, daß in der Quarzmasse gewisse fremde Mineralien eingeschlossen sind; hierbei ist entweder der durchsichtige Quarz noch zu erkennen und die Einschlüsse sind in verhältnismäßig geringer Menge vorhanden (Avanturin, Haarsteine), oder die Menge der Einschlüsse ist so bedeutend, daß sie die Quarzmasse ganz erfüllen und fast zu verdrängen scheinen (Saphirquarz, Katzenauge, Tigerauge). Durch die Einschlüsse, welche aus Glimmerschüppchen oder aus Fasern von rötlichem Rutil (Titansäure), gelblichbraunem Göthit (Eisenhydroxyd), weißlichgrünlichem Asbest und einem diesem ähnlichen blauen Mineral Krokydolith bestehen,

wird oft ein eigentümlicher Schimmer hervorgerufen. Dieser kommt an den geschliffenen Steinen dann besonders schön zur Geltung, wenn die ebenen oder schwach gewölbten polierten Flächen zur Richtung der Einschlüsse parallel gelegt werden.

Der Avanturinquarz (zum Unterschiede von dem ihm ähnlichen Avanturinfeldspat) enthält eine Unzahl feiner Schüppchen eines rötlichen Glimmers und hat nach dem Schleifen und Polieren einen gleichmäßigen Schiller, der sich aus einzelnen Lichtpunkten zusammensetzt. Der Avanturin kommt an mehreren Orten, auch in Deutschland als Geschiebe vor, so bei Aschaffenburg in Bayern und bei Warmbrunn im Riesengebirge. Besonders schöne und große Stücke finden sich am Ural und Altai; sie werden in Jekaterinburg und in Koliwan am Altai verschliffen. Aus Rußland stammen auch die kostbaren Vasen aus Avanturin, die man zuweilen in fürstlichen Schlössern und in Kunstsammlungen findet. — Übrigens wird ein dem natürlich vorkommenden Avanturinquarz sehr ähnliches, was Gleichmäßigkeit des Schimmers betrifft, fast noch schöneres Avanturinglas in Murano bei Venedig mit Hilfe von metallischem Kupfer gefertigt und zu kleinen und größeren Schmucksachen verarbeitet. An der geringeren Härte und durch den chemisch nachweisbaren Kupfergehalt ist es leicht vom Avanturinquarz und auch vom Avanturinfeldspat zu unterscheiden.

Haarsteine, auch Nadelsteine, nennt man durchsichtigen Quarz mit eingewachsenen büschelförmig angeordneten Kristallnadeln. Bestehen diese aus rötlichgelbem Rutil oder Göthit, so heißen die Steine, welche plattenförmig oder flach gewölbt geschliffen werden, Venushaar, sind grünliche Asbestfasern eingewachsen, Thetishaar, auch werden sie Liebespfeile (flèches d'amour) genannt. Schöne derartige Steine liefern Japan, Madagaskar, Nordamerika und Rußland, hier kommen sie am Onegasee vor (s. Abb. 378).


378. Haarstein (Flèches d'amour).

Saphirquarz oder Siderit nennt man einen durch Einschlüsse von faserigem oder erdigem Krokydolith blau gefärbten Quarz, der im Gips bei Golling, südlich von Salzburg, in größeren Mengen austritt. Er wird nur selten als Schmuckstein verwendet.

Desto häufiger wird das Katzenauge, auch Schillerquarz genannt, verschliffen. Durch parallel eingelagerte Asbestfasern erhält der Quarz eine grünlich-weiße Farbe und bei hochmugeligem Schliff einen streifigen, seidenglänzenden Lichtschimmer, der sich beim Drehen des Steins bewegt. In der Juweliersprache nannte man dieses eigenartige Schimmern früher chatoyieren. Derartige Quarze finden sich zwar an einigen Fundorten im Fichtelgebirge, die schönsten Steine kommen jedoch aus den Seifen Ostindiens und Ceylons. — Von dem noch schöneren orientalischen Katzenauge oder Cymophan, einer Varietät des Chrysoberylls, unterscheidet sich das Quarz-Katzenauge durch die erheblich geringere Härte (7 beim Quarz, $8^1/_2$ beim Chrysoberyll).

In der Mitte der siebziger Jahre kam zuerst ein Schmuckstein nach Europa, der alle Eigenschaften des Katzenauges besaß, jedoch eine schön gelbbraune Farbe hatte, er wurde zur Unterscheidung Tigerauge genannt, seltener kamen auch Stücke vor, bei denen ein deutlicher Übergang aus dem Braun in Blaugrau zu beobachten war, letztere Abart heißt wohl Falkenauge. Diese Steine stammen aus Südafrika und zwar aus der Gegend bei Griquatown, westlich von dem durch seine Diamanten berühmten Kimberley; sie bilden in einem Quarzschiefer Lager von einigen Zentimetern Dicke, die Fasern liegen zu den Begrenzungsflächen der Platten senkrecht und verlaufen zum Teil geradlinig, zum Teil etwas gekrümmt. Dieser schöne Stein ist in so großen Mengen bei uns eingeführt worden, daß die Preise schon seit Jahren erheblich gefallen sind, das Kilogramm roher Steine kostet jetzt in Oberstein nur wenige Mark. Auch hier legt man die Schleiffläche parallel zu den Fasern und erzeugt dadurch den dem Katzenauge eigenartigen Lichtschimmer. Während man früher, als der Stein selten war, nur kleinere Schmucksteine daraus fertigte, werden jetzt auch größere Gegenstände, wie Schirm- und Stockknöpfe, Broschensteine u. dergl. daraus geschliffen, auch Gemmen und Intaglien werden daraus geschnitten.

Die gelbbraune Farbe des Tigerauges beruht auf dem Vorhandensein von Eisenoxydhydrat in den Fasern, welche den Quarz durchsetzen. Durch längere Behandlung der Steine mit Salzsäure kann man die Eisenverbindung lösen und eine graulich-grüne bis blaugraue Farbe hervorrufen, so daß man je nach Umständen Katzenauge oder Falkenauge künstlich erzeugt; ja, man ist noch einen Schritt weiter gegangen und kocht die zuerst entfärbten Steine in gelb, rot, grün, blau u. s. w. gefärbten Salzlösungen, diese dringen in die Poren ein, und es entstehen bleibende Färbungen der mannigfachsten Art, während der Lichtschimmer stets der gleiche ist. In den Schleifereien zu Idar und Oberstein bedient man sich dieses Verfahrens, um recht hübsche Wirkungen zu erzielen.

Man verschleift noch mancherlei Quarze mit Einschlüssen, hier mögen nur die folgenden beiden erwähnt werden. In den Goldstaaten Nordamerikas, Colorado und Nevada, wird viel Gangquarz mit Einschlüssen von gediegen Gold zu kleinen Platten verwendet. Derartige Goldquarze sind schön, wenn die Farbe des Goldes, was jedoch nur selten zutrifft, tief goldgelb ist, meistens hat das natürliche Gold wegen eines erheblichen Silbergehaltes messinggelbe Farbe und wirkt dann weniger. Der Preis der Steine richtet sich hauptsächlich nach dem Goldgehalte, doch werden besonders schöne Stücke auch höher bewertet. Es ist übrigens nicht leicht, dem harten Quarze und dem weichen Golde eine gleichmäßige Politur zu geben. Eine Zeitlang waren auch als Raritäten Wassertropfenquarze beliebt, die als Schmuck an der Uhrkette getragen wurden. Wasserhelle Quarze mit größeren Hohlräumen, in denen sich bewegliche Flüssigkeits- oder Gasblasen befinden, kommen besonders schön z. B. auf Madagaskar vor (vgl. auch Enhydros S. 336).

Farbige undurchsichtige Quarze.

Die Steine dieser Gruppe haben sämtlich nur einen geringen Wert und sollen nur kurz erwähnt werden.

Rosenquarz ist ein durchscheinender Quarz von hell rosenroter Farbe, er kommt bei Bodenmais am Bayrischen Walde, am Ural und an anderen Orten vor, wird jedoch nur selten verschliffen.

Der Chrysopras ist durchscheinend, durch Nickeloxyd schön apfelgrün gefärbt und findet sich zuweilen als Adern im Serpentin, z. B. bei Frankenstein in Schlesien. Von hier stammt das Material, welches auf Friedrichs des Großen Geheiß zum Belegen von Tischplatten für das Schloß Sanssouci verwendet wurde, und auch die Stücke, welche in die Wände der Wenzelskapelle auf dem Hradschin in Prag eingelassen sind. Außereuropäische Fundorte sind Ostindien, der Ural und eine Nickelgrube im Staate Oregon, Nordamerika. Leider verliert der Chrysopras, dem Lichte ausgesetzt, etwas an Farbe.

Ein dunkelgrüner Quarz, Prasem, wurde schon im Altertume zu Ringsteinen, als Material zu Mosaikarbeiten, zu Gemmen benutzt. Jetzt wird er bei Breitenbrunn in Sachsen, im Salzburgischen und an mehreren anderen Orten gefunden.

Dem vorigen in Farbe und äußerer Erscheinung sehr ähnlich, jedoch durch seinen inneren Bau etwas verschieden, ist die Quarzvarietät Plasma. Eine Abart, welche auf dunkelgrünem Grunde hochrote Punkte hat, heißt Heliotrop, beide kommen namentlich aus Ostindien auf den europäischen Markt und dienen zu kleineren Schmucksteinen, zuweilen zu Schalen und dergleichen.

Den sehr häufigen dichten Quarz von muscheligem oder unebenem Bruch, welcher fast in allen Farbenschattierungen vorkommt und aus einer Unzahl sehr kleiner mit einander verwachsener Quarzkörnchen besteht, nennt man Jaspis. Er ist sehr häufig und wurde im Altertum oft zu Schmucksteinen, Gemmen, Mosaiken und dergl. benutzt, in der Neuzeit hat die Verwendung sehr abgenommen.

Die Chalcedone.

Wie die bisher behandelten Quarze bestehen auch die Chalcedone aus Kieselsäure. Was sie als besondere Gruppe kennzeichnet, ist ihre meistens allerdings erst unter dem Mikroskope erkennbare kryptokristallinisch-feinfaserige, poröse Struktur, neben welcher ein Aufbau aus dünnen konzentrischen Lagen zu bemerken ist. Die Fasern stehen immer senkrecht

zu der oft gerundeten Oberfläche der Lagen, und da letztere meistens nierenförmig oder zapfenartig gestaltet ist, so ergibt sich eine radialfaserige Struktur; die Härte ist etwas niedriger als beim krystallisierten Quarz, etwa $6^{1}/_{2}$, auch das spezifische Gewicht ist ein wenig kleiner, es beträgt 2,6; der Grad der Durchsichtigkeit ist kein hoher, selbst in dünneren Stücken ist Chalcedon nur halbdurchsichtig, man sagt durchscheinend. Auch das allen — wenigstens den schleifwürdigen — Chalcedonen gemeinsame Vorkommen ist eigenartig, sie finden sich in den Hohlräumen namentlich jüngerer kieselsäurereicher Gesteine und erfüllen deren Klüfte und Spalten, besonders auch rundliche Hohlräume von kleineren Abmessungen, welche Geoden oder **Mandeln** genannt werden und zur Zeit der Bildung der Eruptivgesteine wohl zunächst Gase enthielten. Bei der Zersetzung des Gesteins durch eindringendes Wasser ist dann die Kieselsäure aus dem Gestein gelöst und in den Mandelräumen wieder ausgeschieden worden, sie bildete in diesen konzentrische, der ursprünglichen Begrenzung mehr oder weniger parallele Lagen. Zuweilen ist, wie in Abb. 379, im Durchschnitt der Mandel die Öffnung zu erkennen, durch welche der Eintritt der Lösung erfolgte. Entweder ist die ganze Mandel mit Chalcedonlagen erfüllt, oder es ist in der Mitte ein Hohlraum, **Druse** genannt, geblieben, in dem nicht selten, wie oben erwähnt, Quarz, Amethyst, auch Citrin auskrystallisiert sind. Man findet die Chalcedone häufig in allen Größen in den jüngeren Eruptivgesteinen, namentlich in den Melaphyren, die nach dem Vorkommen der eigenartigen Hohlräume die Bezeichnung Mandelsteine erhalten haben. Oft verwittern diese Gesteine vollkommen, die Mandeln jedoch widerstehen den zerstörenden Einflüssen und finden sich dann auf sekundärer Lagerstätte in den jüngsten sedimentären Ablagerungen, in den Bach- und Flußläufen. Am bekanntesten dürften die Vorkommen in den Melaphyren von Oberstein im Nahethal sein; im südlichsten Teile Brasiliens und dem angrenzenden Uruguay, wo sie seit 1827 ausgebeutet werden, finden sie sich auf sekundärer Lagerstätte lose im Boden, und zwar kommen Stücke von mehreren Doppelzentnern Gewicht vor. Einige weitere Vorkommen werden bei den einzelnen Abarten und gelegentlich der Besprechung ihrer Verarbeitung Erwähnung finden.



379. Mandel von Chalcedon, durchschnitten, mit Infiltrationskanal.

Es werden die folgenden Arten des Chalcedons unterschieden: der **gemeine Chalcedon** hat hellere oder dunklere graue und gelbliche Färbung, rotgefärbter Chalcedon heißt **Karneol**, brauner oder orangefarbiger **Sarder**; bei allen diesen ist die Farbe angenähert gleichmäßig über das ganze Stück verteilt. Deutlich gestreifte Chalcedone heißen **Achat**, er gehört zu den beliebtesten und verbreitetsten Schmucksteinen. Es mag gleich hier bemerkt werden, daß von Natur lebhaft gefärbte Chalcedone keineswegs häufig sind; es sind jedoch Mittel bekannt, um künstlich schöne Farben hervorzubringen.

Der gemeine Chalcedon wird wegen der unscheinbaren Farbe kaum als Schmuckstein verschliffen, dagegen bildet er ein sehr geschätztes Material zu Reibschalen, zu Glätt- und Poliersteinen für viele Industrien, Zapfenlager für Wagen und andere feine Instrumente.

Durchscheinende Chalcedone mit Zeichnungen erfreuen sich gewisser Beliebtheit; ihre Entstehung ist die gleiche wie bei den Dendriten (vergl. S. 44). Metallhaltige, wohl meistens eisen- oder manganhaltige Lösungen sind auf Klüfte oder in die Poren eingedrungen und haben oxydische Verbindungen abgelagert. Auch hier sind diese Zeichnungen

anorganischen Ursprungs, keineswegs pflanzlicher Natur, worauf die Form und auch die Bezeichnung im Steinhandel hinweisen könnten. Mokkasteine werden durchscheinende Chalcedone genannt mit strauch- oder baumähnlichen Zeichnungen in rotbrauner oder schwarzer Farbe, Moosachat solche, bei denen moosähnliche grüne Zeichnungen vorhanden sind; beide werden zu Broschesteinen verschliffen.

Besonderes wissenschaftliches Interesse haben die Enhydros genannten Chalcedonmandeln von Walnuß- bis Eigröße und darüber, die aus einer verhältnismäßig dünnen durchscheinenden Chalcedonkruste bestehen, welche zum Teil mit Flüssigkeit und zwar mit Wasser gefüllt ist. Sie erläutern die Entstehungsweise der Mandelfüllung und liefern dadurch einen deutlichen Beweis für die Porosität des Chalcedons, daß die eingeschlossene Flüssigkeit zwar mit der Zeit verdunstet, daß sich aber die leeren Mandeln durch längeres Belassen im Wasser, unter Umständen durch Erzeugung künstlichen Druckes wieder mit Wasser füllen. Solche Enhydros finden sich bei Vicenza, westlich von Venedig, und auch unter den südamerikanischen Achatmandeln.



380. Trümmerachat.

Natürliche Chalcedone von ausgesprochener Farbe, rein weiß, schwarz, rot, kommen zwar vor, sind aber sehr selten; man ist jedoch im stande, die grauen Chalcedone, wenigstens diejenigen, welche porös sind, künstlich zu färben; hierbei nimmt entweder der ganze Stein dieselbe Farbe an, oder er färbt sich lagenweise, weil mehr oder weniger poröse Lagen, und solche, die ganz dicht sind, miteinander abwechseln. Auch bei den Achaten wird dieses Mittel angewendet, um die Streifung schöner hervortreten zu lassen.

Um Chalcedone oder Achate schwarz zu färben, werden sie längere Zeit, tage-, selbst wochenlang, in heißer wässeriger Lösung von Honig oder Zucker behandelt, dann gut abgewaschen und ebenfalls längere Zeit in heißer Schwefelsäure belassen; hierdurch wird der Kohlenstoff der Zuckermasse tief schwarz ausgeschieden. Hellrote Chalcedone dunkeln oft schon bei vorsichtigem Erhitzen nach und nehmen die am meisten geschätzte dunkelrote Farbe an; diese kann auch künstlich hervorgerufen werden durch Tränken mit Eisensalzen und dann folgendes Erhitzen. Gelbe Farbe, die niemals natürlich vorkommt, wird durch Behandeln mit Salzsäure erzeugt, grün durch Chrom- oder Nickelsalze. Blau werden Chalcedone dadurch gefärbt, daß sie erst der Einwirkung des Blutlaugensalzes und darauf der des Eisenvitrioles ausgesetzt werden; es bildet sich die unter dem Namen Berlinerblau bekannte Verbindung; sie ist allerdings nicht völlig lichtbeständig.

Der Karneol ist ein beliebter Schmuckstein, schön dunkelrote Stücke, die Karneol vom alten Stein genannt werden, sind besonders geschätzt und werden zu Siegelsteinen und allerhand kleinen Kunstgegenständen verarbeitet.

Die verbreitetste Verwendung hat aber jedenfalls der gestreifte Chalcedon oder Achat; je nach Zeichnung und Farbe hat derselbe sehr verschiedene Benennungen erhalten. Verlaufen die Lagen etwa gerade über ein größeres Stück, so spricht man von Bandachat, verlaufen sie etwa in Kreislinien, so heißt er Kreis- oder Augenachat, bilden die einzelnen Lagen unregelmäßig bogige Linien, die in Spitzen aneinander stoßen, so nennt man ihn wohl Festungsachat; auch Achat mit roten, dem Wuchs der Korallenstöcke ähnlichen Zeichnungen, Korallenachat, wird gefunden. Ein besonderes Vorkommen

ist der **Trümmerachat** (s. Abb. 380); in ihm sind Bruchstücke von Achat wirr durcheinander geworfen und dann durch Quarz- oder Chalcedonmasse von neuem verkittet. Nach der Farbe unterscheidet man den **Onyx**, aus weißen und schwarzen Lagen, den **Karneolonyx**, aus blutroten und weißen Streifen, und den **Sardonyx**, aus orangeroten und weißen Streifen zusammengesetzt.

Außer in den Mandelsteinen kommt der Achat zuweilen auch auf echten Gängen vor, so zu Halsbach bei Freiberg und zu Schlottwitz bei Weesenstein im Müglitzthal, am letzteren Orte ist der Trümmerachat häufig.

Das Hauptmaterial für die Verarbeitung liefern heute die Mandelsteine, die aus dem südlichen Brasilien und Uruguay in großer Menge eingeführt werden und in Oberstein, Idar und den benachbarten Orten etwa zu 4—8 Mk. für 1 kg Abnehmer finden. Besonders geschätzt sind Rohachate, welche sich färben lassen. Außerdem werden in Waldkirch im Breisgau Achate verschliffen; früher hatten auch die ostindischen Schleifereien zu Broach und Cambay, nördlich von Bombay am Meerbusen von Cambay gelegen, bedeutenden Ruf, sie verarbeiten die Achate, welche im dortigen Distrikt bei Ratampur in einer Konglomeratschicht vorkommen und zum Teil durch bergmännischen Betrieb gewonnen werden.



381. **Kamee aus Chalcedon, weißlich-grau auf rötlichem Grunde.**

Eigentlicher Welthandelsplatz für die Achatindustrie ist jedoch **Oberstein** und **Idar**, das Alter der Schleifereien reicht bis in den Anfang des 16. Jahrhunderts zurück. Die Mannigfaltigkeit der Verarbeitung zu allen möglichen Gegenständen ist außerordentlich groß, auch das Fassen der geschliffenen Steine wird dort in großem Maßstabe ausgeführt. In Idar befindet sich eine ständige Warenausstellung sämtlicher Schleifereien. Ähnlich wie die Bernsteinindustrie arbeitet auch die Achatindustrie für den Bedarf und den Geschmack aller Weltteile und Völker. Ein bedeutender Geschäftszweig ist die Herstellung der rohen Platten, welche für das Schneiden der Onyxkameen Verwendung finden, der Sitz der letzteren Kunst ist besonders Paris und Italien. Da das Material sich viel schwieriger bearbeiten läßt, sind bei gleicher künstlerischer Ausführung Onyxkameen erheblich wertvoller als die ebenfalls in Italien gefertigten Muschelkameen. Gewöhnlich werden die Kameen aus Steinen, die aus verschieden gefärbten Lagen bestehen, so geschnitten, daß sich die Darstellung in weißer Masse von dem rötlichen, braunen oder schwarzen Grunde abhebt (s. Abb. 381).

Die Gruppe der Feldspäte.

Auch unter den Feldspäten, die in ähnlicher Weise wie der Quarz hervorragenden Anteil an der Zusammensetzung der Gesteine nehmen (vgl. S. 25), und daher im allgemeinen zu den häufigsten Mineralien zu zählen sind, gibt es mehrere Vorkommen, die sich durch ihre bemerkenswerten Eigenschaften den Rang eines Schmucksteines erobert haben. Sämtliche Feldspäte haben die Härte 6, das spezifische Gewicht schwankt je nach der chemischen Zusammensetzung zwischen den Grenzen 2,5 und 2,65, sie spalten alle deutlich nach zwei Richtungen, die genau oder doch nahezu senkrecht aufeinander stehen. Im Gegensatz zu den gemeinen oder gesteinbildenden Feldspäten nennt man die zu Schmucksteinen verwendeten auch **edle Feldspäte**, es sind die folgenden:

Der **Amazonenstein** ist ein Kalifeldspat, der in schönen bis fast 30 cm langen Krystallen von bläulich-grüner Farbe vorkommt, er ist undurchsichtig, wirkt daher nur durch seine Farbe und wird zu ebenen oder flachgewölbten Platten verschliffen. Den Namen soll er erhalten haben, weil er früher ausschließlich vom Amazonenstrom (Brasilien) aus in den Handel kam. Jetzt liefert der Ural und besonders der schon des öfteren

genannte Pikes Peak in Colorado, woselbst herrliche Krystalle auf Gängen im Granit vorkommen, die gesuchtesten Steine. Übrigens kannten schon die alten Kulturvölker Amerikas den Amazonenstein und verwendeten ihn zum Schmuck.

Der **Mondstein** ist ein weißer, durchscheinender Kalifeldspat, der zur Spezies **Adular** gerechnet wird. Durch eingewachsene mikroskopisch kleine Mineralkörper wird ein schöner perlmutterglänzender Schimmer hervorgerufen, welcher demjenigen des Katzenauges ähnlich ist. Wie alle schillernden Steine wird auch der Mondstein mugelig mit ovaler Grundfläche geschliffen. Die schönsten Steine stammen aus Ceylon, Brasilien und Nordamerika.

Der **Avanturinfeldspat** oder **Sonnenstein** stimmt mit Ausnahme der dem Feldspat eigenen geringeren Härte in allen sonstigen Eigenschaften mit dem Avanturinquarz (vergl. S. 334) überein, auch über die Nachahmung durch Avanturinglas gilt das Gleiche. Es erhält die lichtrötliche Masse durch eingewachsene Schüppchen eines rötlichen glänzenden Eisenglimmers einen schönen, aus einzelnen Lichtpunkten gebildeten Lichtschimmer. Der Avanturinfeldspat kommt von Tvedenstrand in Norwegen, von Ceylon, von **Archangelsk** im nördlichen Rußland, vom **Baikalsee** in Sibirien und von Amelia County (Virginia, Nordamerika).

Endlich ist noch der **Labrador** zu erwähnen, ein Feldspat von grauer Farbe, der auf einer der Spaltflächen einen farbenprächtigen metallischen Schimmer zeigt, in dem Blau und Gelb vorwalten und der am ehesten mit der Farbenpracht gewisser Schmetterlinge der Tropen oder mit dem Glanze des Gefieders am Halse der grauen Taube verglichen werden kann. Im Mineralreiche gibt es kaum eine ähnliche Erscheinung; man hat dieses Farbenspiel wohl Labradorisieren genannt, es werden Platten in der Spaltrichtung geschliffen. Übrigens stammt der Name dieses Feldspates von dem zuerst bekannt gewordenen Fundorte der Insel St. Paul an der Küste von Labrador; es kommen dort sowie in Finnland und bei Kiew im südlichen Rußland Stücke von recht erheblicher Größe vor.

Die übrigen Halbedelsteine.

Rhodonit oder **Mangankiesel** ist ein himbeerrotes Mineral von der Härte $5^1/_2$ und dem spezifischen Gewicht 3,5, es ist fast undurchsichtig und besteht aus kieselsaurem Mangan. Nur in Jekaterinburg, in dessen Nähe Rhodonit in größeren Mengen als feinkörnige dichte Masse vorkommt, wird er zu allerhand Schmuckgegenständen verarbeitet.

Nephrit, ein Kalk-Magnesia-Silikat, und **Jadeit**, ein Natron-Thonerde-Silikat, stehen sich in ihren mineralogischen Eigenschaften und auch in der Art ihrer Verwendung sehr nahe; beide dienten in vorgeschichtlicher Zeit (vergl. S. 5) zur Anfertigung von Waffen, namentlich Beilen, daher wohl auch der Name **Beilstein**, und sie werden auch heute noch von wenig zivilisierten Völkerschaften, z. B. den Maoris auf Neuseeland zu gleichem Zwecke geschätzt. Die Härte dieser Mineralien beträgt etwa $6^1/_2$, das spezifische Gewicht ist etwas über 3, die Farbe ist auf frischem Bruche graugrün, geht jedoch nach dem Schleifen in ein schönes Grün über; beim Jadeit kommen auch lichtere Farben vor. Was diese Mineralien zur Herstellung von Beilen so wertvoll machte, ist die große Festigkeit, eine Folge ihrer Zusammensetzung aus sehr feinen miteinander verfilzten Krystallnadeln, es ist außerordentlich schwer, ein Stück Nephrit zu zerschlagen, dementsprechend standen die Schneiden der Beile ausgezeichnet. In Europa werden beide Mineralien jetzt nur sehr selten und dann nicht als Schmuckstein, sondern als wissenschaftlich interessante Rarität verschliffen. Für uns haben sie vornehmlich ein hohes archäologisches Interesse, da wir sie oft verarbeitet zu kunstvollen Gegenständen frühester Kulturperioden vorfinden. Zur Zeit ist nur eine Fundstelle des anstehenden Nephrits in Europa bekannt, nämlich ein Gang im Serpentin bei Jordansmühl am Zobten in Schlesien, außerdem sind an mehreren Orten Geschiebe gefunden worden. In Neuseeland und im Inneren von Asien ist der Nephrit häufiger. Jadeit wird jetzt noch in ziemlich erheblichen Mengen in Birma gewonnen und größtenteils nach China ausgeführt, wo er zu Amuletten u. dergl. verarbeitet wird.

Edler Serpentin. Ein anderes undurchsichtiges bis durchscheinendes Mineral von dunkel- bis lichtgrüner Farbe, welches dem vorigen zuweilen in der Farbe sehr ähnlich

ist, sich jedoch durch die erheblich niedrigere Härte (3—4) leicht unterscheiden läßt, kommt auf den Klüften des im Abschnitte „Steinbruchbetrieb" (S. 297) bereits beschriebenen Gesteines, des Serpentins, vor. Es wird von den Steinschleifern als edler Serpentin bezeichnet und zuweilen zu Ringsteinen, wohl auch zu kleinen Kunstgegenständen verarbeitet. Diese sind besonders in Rußland beliebt, das Material stammt aus Afghanistan und vom Ural und wird namentlich in Jekaterinburg verwendet. Wie der gewöhnliche Serpentin, besteht auch der edle wesentlich aus wasserhaltiger kieselsaurer Magnesia, die Farbe dürfte durch Eisenoxydul oder durch Chrom bedingt sein, das spezifische Gewicht ist etwa 2,6.

Lasurstein oder Lapis lazuli von schöner dunkelblauer Farbe — nach unserem Schmucksteine lasurblau genannt — ist undurchsichtig, nimmt jedoch eine schöne Politur an. Die Härte ist allerdings nur 5½, so daß polierte Flächen leicht geritzt werden; das spezifische Gewicht ist für einen Schmuckstein niedrig, es beträgt 2,4, der Bruch ist uneben, die Struktur feinkörnig. Die Farbe des Lasursteines ist oft nicht gleichförmig, auch weiße Stellen, welche aus Kalkstein bestehen, sind vorhanden, außerdem finden sich in dem blauen Grunde metallisch gelbe Punkte von Schwefelkies, nicht von Gold, wie es auf den ersten Blick wohl scheinen könnte. Neuere Forschungen mittels des Mikroskopes haben ergeben, daß die blaue Masse des Lasursteines aus drei verschiedenen, aber ähnlichen Mineralien zusammengesetzt ist, nämlich aus Hauyn, Nosean und Sodalith. Sie bestehen aus einem Silikat des Natrons und der Thonerde, beim Hauyn ist auch Kalk vorhanden, dazu treten verschiedene Natriumverbindungen in wechselnden Mengen. Diese chemische Zusammensetzung kommt derjenigen des künstlichen Ultramarins sehr nahe, man hat deshalb den Lasurstein wohl auch natürliches Ultramarin genannt. Die blasse Farbe mancher Lasursteine dunkelt beim vorsichtigen Glühen nach, es kommen auch grünliche Steine vor, dieselben sind jedoch wenig geschätzt.

Der Lasurstein findet sich im Kalkstein, und zwar dort, wo derselbe durch ein eruptives Gestein, besonders Granit, verändert wurde; er ist eine sogenannte Kontaktbildung. Fundorte sind: das Oxusgebiet in Afghanistan, von wo aller Wahrscheinlichkeit nach die in Innerasien verbreiteten Schmucksteine stammen, ferner die Gegend am Westende des Baikalsees in Sibirien und die chilenische Kordillere von Ovalle; auch in den Auswürflingen der Somma des Vesuvs werden Kalksteine, welche lapis lazuli umschließen, gefunden. Im Altertume erfreute sich der Lasurstein außerordentlicher Beliebtheit und wurde sehr viel zu geschnittenen Arbeiten verwendet. Stücke von tiefem, reinem Blau standen als Farbe für die Malerei in hohem Werte, den erst das künstliche Ultramarin herabdrückte. Heute wird der Lasurstein zu Ringsteinen und mancherlei kleinen Schmuckgegenständen, Vasen, Schalen, Briefbeschwerern u. dergl. verarbeitet. Aus größeren Stücken schneidet man dünne Platten (Fourniere) und belegt mit diesen aus anderem Material gefertigte Gegenstände, zu Mosaikarbeiten wurde er vielfach benutzt. Weltberühmt ist ein Zimmer im Winterpalais in St. Petersburg und ein anderes im Schlosse Zarskoje Selo, deren Wände mit Lasurstein getäfelt sind.

Da das Kilogramm besten Lasursteines immer noch mehrere Hundert Mark wert ist, je nach der Größe der Stücke, so fehlt es auch nicht an Nachahmungen, unter denen blaugefärbtes Glas, auch gefärbter Achat, dessen Farbe meistens lichter ist, und besonders Kupferlasur (eine wasserhaltige Verbindung des Kupfers mit Kohlensäure) am häufigsten sein dürften. Glas kann am höheren spezifischen Gewichte, Achat an der höheren (6½), Kupferlasur an der niedrigeren Härte (höchstens 4) und dem größeren spezifischen Gewicht (3,8) erkannt werden. Das zuletzt genannte Mineral wird namentlich in Rußland, wo es in größeren derben Stücken vorkommt, zuweilen zu dünnen Platten verschliffen.

Ein etwas anders zusammengesetztes, aber ebenfalls aus einer wasserhaltigen Verbindung des Kupfers mit Kohlensäure bestehendes Erz ist der Malachit. Wegen der schönen dunkelgrünen Farbe, der Politurfähigkeit und der eigenartigen strahligen Struktur wird er dort, wo er in größeren dichten Stücken vorkommt, namentlich am Ural, verschliffen. Kleinere Gegenstände werden aus massivem Malachit hergestellt, größere werden mit dünnen Malachitplatten bekleidet. Der Malachit bildet selten Krystalle, sondern kommt in Massen mit eigenartig gerundeter, wie der Kunstausdruck lautet, nierenförmiger

(s. Abb. 229 S. 181) Oberfläche vor, die strahlige Zeichnung des Inneren steht zu der gerundeten Oberfläche senkrecht, die Härte ist nur $3\frac{1}{2}$, das spezifische Gewicht etwa 3,7. Von anderen grünen Mineralien ist der Malachit übrigens dadurch leicht zu unterscheiden, daß er mit Salzsäure befeuchtet aufbraust; wenn die Säure schnell durch gründliches und mehrmaliges Abwaschen mit Wasser entfernt wird, kann dieser Versuch an einer weniger in die Augen fallenden Stelle ohne Schaden vorgenommen werden. Unter den vielen Malachitarbeiten haben wohl die mächtigen mit Malachitplatten belegten Säulen in der Isaakskirche zu St. Petersburg und die diesen ähnlichen in der Sophienkirche zu Konstantinopel die größte Berühmtheit. Die letzteren sind übrigens antike Arbeit, sie stammen vom Tempel der Diana zu Ephesus.

Zuweilen ist auch der Schwefelkies (vgl. S. 198), welcher aus Schwefel und Eisen besteht, wegen seiner schönen lichtgelben Farbe verschliffen worden; er nimmt durch Polieren lebhaften Metallglanz an. Das spezifische Gewicht beträgt 5,0, die Härte $6\frac{1}{2}$.

Der Hämatit oder Roteisenstein, wegen des hochroten Pulvers, das er bei der Zerkleinerung oder beim Streichen auf einer rauhen Porzellanplatte gibt, auch Blutstein genannt, besteht aus feinfaserigem Eisenoxyd und ist in der Natur häufig (vgl. S. 181), doch eignen sich nur wenige Stücke zum Verschleifen. Poliert nimmt er einen hohen metallischen Glanz und schöne dunkelstahlgraue bis bläulichschwarze Farbe an, er ist völlig undurchsichtig und wird zuweilen zu Ringsteinen und mancherlei kleinen Schmucksachen verarbeitet, auch dient er vielfach zur Herstellung von Gemmen. Die bekanntesten Fundorte von schleifwürdigem Hämatit, der übrigens schon im Altertume verarbeitet wurde, sind Kamsdorf in Thüringen, die Insel Elba und Bilbao im nördlichen Spanien, sämtlich als Produktionsorte für Eisenerze auch sonst bekannt.

Der Flußspat, ein auf Gängen in schön gefärbten, durchsichtigen Krystallen von der Form des Würfels vorkommendes Mineral, besteht aus Fluorcalcium (vgl. S. 54), er wird trotz der geringen Härte (4) zuweilen verschliffen, um Edelsteine nachzunahmen, das spezifische Gewicht ist 3,2. Die Härte wird in allen Fällen zur Unterscheidung ausreichen. Gelber Flußspat wird wohl als Topas, grüner als Smaragd, blauer als Saphir, roter als Rubin balais ausgegeben.

Die natürlichen Laven.

Zu den Schmucksteinen sind auch gewisse Produkte vulkanischer Thätigkeit zu rechnen, die geologisch nicht als Mineralien, sondern als jüngste Gesteinsbildungen angesehen werden.

Die undurchsichtige graue und braune Lava z. B. vom Vesuv wird zu Gemmen verarbeitet, deren Wert lediglich in der kunstvollen Arbeit besteht, das Material ist in großen Massen vorhanden und der Preis ein dementsprechend niedriger. Besonders in Italien werden Armbänder, Broschen, Ringe und Nadelsteine den Reisenden angeboten.

Der Obsidian — auf dessen archäologische Bedeutung schon in der Einleitung S. 5 aufmerksam gemacht wurde — ist glasartig erstarrte Lava von großmuscheligem Bruch (vergl. die Abb. 23 S. 25) und dunkelgrauer oder dunkelbrauner bis schwarzer Farbe, die Masse ist nur in dünnen Splittern durchsichtig. Das spezifische Gewicht ist für einen Schmuckstein niedrig 2,3—2,6, die Härte 6—7, also Feldspat- bis Quarzhärte. Die chemische Zusammensetzung entspricht derjenigen der Gläser, kieselsaure Thonerde mit wechselnden Mengen von Natron, Kali und Eisenoxyd; der Art der Entstehung entsprechend enthält die dem bloßen Auge als homogen erscheinende Glasmasse bei stärkerer Vergrößerung erkennbare Gasbläschen und Einschlüsse von Mikrolithen, haar-, nadel- oder federförmige, äußerst zarte Gebilde, welche den Anfang einer Krystallisation bezeichnen. Der Obsidian wird zu Trauerschmuck verschliffen. Es gibt auch schillernden Obsidian (chatoyierender Obsidian) z. B. vom Berge Ararat, aus dem namentlich in Tiflis größere Kunstgegenstände gefertigt werden; auch Perlenschnüre aus diesem schillernden Obsidian machen einen hübschen Eindruck. Obsidian kommt recht häufig in vulkanischen Gegenden vor, bekannte Fundorte sind die Insel Lipari, dann Island, der schon den alten Kulturvölkern Mexikos bekannte Cerro de las Navajas (Messerberg), nördlich von der Stadt Mexiko, der Nationalpark der Vereinigten Staaten. Ein brauner, zuweilen gelber oder roter

Obsidian, der in Rußland beliebt ist, von der Örtlichkeit Marekan bei Ochotsk in Ostsibirien, kommt unter dem Namen Marekanit im Handel vor. Von künstlichen Gläsern läßt sich der Obsidian nicht mit Sicherheit unterscheiden, dagegen ist er erheblich härter als die unter dem Namen Gagat oder Jet verschliffene schwarze, übrigens stets ganz undurchsichtige Kohle (vgl. S. 351).

Ein seinem ganzen Vorkommen nach sehr eigenartiger Schmuckstein ist der Moldavit, ja es gehen sogar die Ansichten darüber auseinander, ob man es mit einer natürlichen Lava, oder mit Schlackenüberresten einer sehr alten Glasindustrie zu thun hat. Der Moldavit findet sich nämlich in kleineren, selten halbfaustgroßen Stücken in der Dammerde, in Bach- und Flußläufen im südlichen Böhmen in der Gegend von Moldautein und Budweis und in derselben Weise bei Trebschitz in Mähren. Die Farbe ist grün in verschiedenen Tönungen, am häufigsten flaschengrün, daher auch der Name Bouteillenstein und wegen der Ähnlichkeit in der Farbe auch Pseudochrysolith; immer sind in der Masse zahlreiche Gasblasen vorhanden, und die natürliche Oberfläche ist sehr merkwürdig narbig, zerfressen. In Böhmen wird der Moldavit gewissermaßen als nationaler Edelstein viel verschliffen in Brillant- oder Tafelform, man sieht ihn neben Granat sehr häufig in den Juwelierläden von Prag. Von anderen Edelsteinen, dem echten Chrysolith und dem grünen Turmalin unterscheidet ihn die geringere Härte und das niedrigere spezifische Gewicht, auch treten die kleinen Gasporen oft schon für das unbewaffnete Auge deutlich hervor.



382. Götzenbild aus Agalmatolith. Chinesische Arbeit. (Natürl. Größe.)

Meerschaum und Bildstein.

Kurz möge hier auch der Meerschaum erwähnt werden, jenes weiße, undurchsichtige Mineral, welches auf der ganzen Welt zu Zigarrenspitzen und Pfeifenköpfen geschätzt wird; es besteht aus wasserhaltiger kieselsaurer Magnesia, ist daher dem Talk und Serpentin nahe verwandt. Am geschätztesten sind Stücke von rein weißer Farbe, doch kommen auch solche mit einem Stich ins Graue oder Rötliche vor. Der Meerschaum findet sich in rundlichen Knollen von erdigem Bruch in Thonen eingelagert, die Härte ist etwa 2, das spezifische Gewicht trockener Stücke nur 1,0—1,3; da der Meerschaum jedoch viel Feuchtigkeit aufnimmt, so kann das Gewicht hierdurch erheblich höher werden; er läßt sich leicht durch Schneiden, Drehen und Bohren verarbeiten und nimmt eine wachsglänzende Politur an. Eine auffallende Eigenschaft des trockenen Meerschaumes ist die, daß er an der Zunge haftet, wie alle diejenigen Mineralien, welche begierig Wasser aufnehmen. Der wichtigste Fundort für verarbeitbares Material ist Eski-Schehr in Kleinasien, auch von Vallecas bei Madrid, Hrubschitz in Mähren, aus der Krim, von Euböa und aus Frankreich ist Meerschaum bekannt. Der Hauptsitz der Meerschaumindustrie ist Wien; man versteht es auch, aus den Abfällen bei der Verarbeitung eine künstliche Meerschaummasse herzustellen, die nur vom Kenner als solche unterschieden werden kann.

Auch auf ein anderes wasserhaltiges Thonerdesilikat ist hier hinzuweisen, es ist der Agalmatolith oder Bildstein, der mit dem Talk und Speckstein gleiche Zusammensetzung hat; übrigens kommen etwas abweichend zusammengesetzte Mineralien unter demselben Namen vor. Das undurchsichtige, weißliche, auch grünliche Mineral, welches sich wegen der geringen Härte (2—3) leicht schnitzen läßt, nimmt eine leidliche wachsglänzende Politur an und wird namentlich in China zu allerhand Amuletten und kleinen Götzenbildern (Abb. 382) verarbeitet.

Bernstein.

Der Bernstein ist ein seit den ältesten Zeiten bekannter und beliebter Schmuckstein, der um so mehr unsere Aufmerksamkeit fesselt, als die bei weitem größte Menge, welche im Welthandel vorkommt, dem preußischen Samlande entstammt und damit Deutschland gewissermaßen das Monopol dafür besitzt. Außerhalb Deutschlands werden kleinere Mengen in Sizilien gefunden, auch Birma hat durch einfachen Bergbaubetrieb in der Gegend von Maingkhwan (900 engl. Meilen nördlich von Rangun) ein bernsteinähnliches Harz, den Birmit, geliefert, der nesterweise in einem blauen tertiären Thone auftritt. Er hat hellgelbe bis dunkelrubinrote Farbe, doch fehlt ihm der dem deutschen Bernstein eigentümliche Gehalt an Bernsteinsäure. Die verhältnismäßig geringen Mengen zu Schmuck geeigneten Birmits wurden auf dem Karawanenwege nach China ausgeführt.



383. Karte der samländischen Küste.

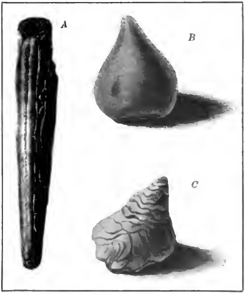
Der Bernstein ist das erhärtete Harz eines Nadelbaumes, der am Beginne der Tertiärzeit in Nordeuropa heimisch war und üppig gedieh. Wie bei unseren Nadelbäumen war das Holz vielfach von Harzgängen durchzogen, auch bildeten sich Harzgallen im Inneren der Bäume, und bei Verletzungen, wie sie beim Windbruch in den Urwäldern der Vorzeit häufig waren, floß das Harz aus, erfüllte die Wunde, tropfte von den Ästen herab zum Boden, floß an der Rinde abwärts und häufte sich, als die Bäume Stamm um Stamm, Generation um Generation abstarben, in erheblichen Mengen an.



384. Ideelles Profil durch die Westküste des Samlandes. Nach W. Runge.

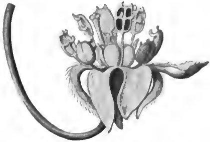
Diese Vorgänge dauerten so lange, bis mutmaßlich zum Beginn der Tertiärzeit durch Senkung großer Gebiete diese Wälder vom Meere bedeckt wurden. Hierbei fielen die Pflanzenreste der Zerstörung anheim, den verhältnismäßig leichten Bernstein aber führte das Wasser mit sich fort und lagerte ihn, gebettet in einem bald grünlichgrauen, bald blaugrauen thonigen Sande, in der blauen Erde, wie die Samländer sagen, über weite Flächen wieder ab. Die Bernsteinlagerstätte des Samlandes ist daher als

tertiäre Seife zu betrachten, sie ist an der ganzen samländischen Küste (s. Abb. 383) bekannt von Palmnicken über Brüsterort bis in die Gegend von Kranz, und ist auch weiter landeinwärts durch Bohrungen nachgewiesen. Das grünliche Mineral, welches die eigenartige Färbung der blauen Erde bewirkt, heißt Glaukonit, und die Schichtenfolge hat hiervon die Bezeichnung Glaukonitformation erhalten. Die bernsteinführende blaue Erde ist bis zu etwa 3 m mächtig; sie streicht einige hundert Meter vom Strande entfernt am Meeresboden in mehreren Metern Wassertiefe aus und liegt am Strande etwa 5 m unter dem Wasserspiegel. Die Küste steigt fast überall unmittelbar vom Meere aus bis zu etwa 25 m Höhe an, und die Bernsteinschicht, welche durch mächtige tertiäre Sande und darüber gelagerte diluviale und alluviale Schotter bedeckt ist, liegt im Inneren des Samlandes mehr als 30 m tief (Profil Abb. 384). Auch müssen wir annehmen, daß das Meer schon früher große Teile der Bernsteinablagerungen wieder vernichtete und sie durch das ganze nordeuropäische Flachland von Polen über Norddeutschland bis nach England verstreute, denn es finden sich hier überall bald vereinzelte Stücke, bald kleinere Anhäufungen von Bernstein. Hier und da haben sie Veranlassung zu Gräbereien gegeben, die aber nirgends auf die Dauer lohnend gewesen sind, und die eigentliche Bernsteingewinnung ist immer in der Hauptsache auf das Samland beschränkt geblieben.



385. Formstücke von Bernstein. Nach H. Conwentz
A Bernsteinzapfen (Stalaktit). B Bernsteintropfen. C Bernsteinstalagmit.

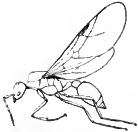
Der Bernstein ist als tertiäres Baumharz außer dem am Schlusse erwähnten Gagat der einzige Schmuckstein pflanzlichen Ursprunges, sein spezifisches Gewicht ist 1,05, er ist also nur wenig schwerer als Wasser, die Härte beträgt $2^1/_2$; er läßt sich leicht bearbeiten und nimmt eine schöne Politur an, doch ist er sehr spröde, wird leicht rissig und muß daher vor Stoß und Fall sorgfältig bewahrt werden. Bernstein oder Börnstein bedeutet soviel wie Brennstein, er ist leicht entzündlich und enthält eine ihm eigentümliche und nach ihm genannte organische Säure, die Bernsteinsäure, wodurch er leicht von anderen Harzen zu unterscheiden ist. Seine Farbe ist gelb in den verschiedensten Schattierungen, vom Weingelb bis ins Bräunliche, er kommt vollständig durchsichtig, anderseits trüb oder wolkig vor. Früher war der weißlich-gelbe, wolkige Stein der geschätzteste, man nennt ihn kumstfarbig, da er in der Farbe dem eingemachten Weißkraute, in Ostpreußen Kumst genannt, ähnlich ist. In neuester Zeit wird aber auch der ganz hellgelbe durchsichtige Bernstein wieder höher bewertet. Man hat nämlich gelernt, kleine Stücke Bernstein unter sehr starkem Druck nach vorheriger Erweichung zu größeren Stücken zu vereinigen, die man Preßbernstein oder Ambroid nennt. Dieses Verfahren würde zwar bei dem durchsichtigen Bernstein auch ausführbar sein, doch ist derselbe an und für sich sehr selten, auch entstehen durch das Preßverfahren, das übrigens Geheimnis der Firma Stantien & Becker ist, leicht Trübungen in der Masse. Man kann daher mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß völlig durchsichtige Gegenstände wirklich aus natür-



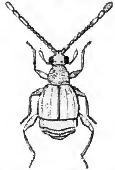
386. Cinnamomum prototypum, Conwentz
(Blüte des Zimtbaumes.)



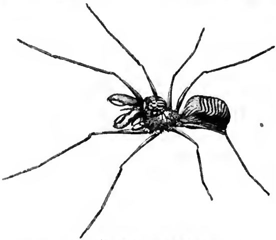
387. Pinus Reichiana, Conwentz.
(Männliche Blüte.)



388. Leptothorax gracilis, Mayr.
(Ameise.)



389. Ctenistodes claviger, Schaufuss.
(Käfer.)



390. Archaea paradoxa, Koch u. Berendt.

386—390. Bernsteineinschlüsse. (Sämtlich stark vergrößert.)

lichem Bernstein gefertigt sind, während dieses heutzutage bei dem trüben Bernstein häufig nicht der Fall ist. Der Umstand, daß der Preßbernstein viel weniger zerbrechlich ist, als der natürliche, ja sogar eine gewisse Elastizität besitzt, kann begreiflicherweise nur in Ausnahmefällen zur Unterscheidung benutzt werden.

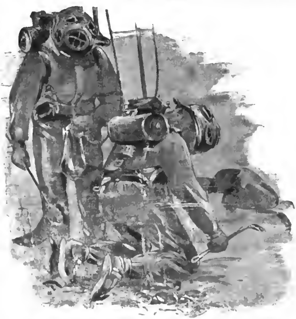
Der Rohbernstein kommt gewöhnlich in unregelmäßigen Bruchstücken vor, welche abgerundete Ecken haben und mit einer Verwitterungsschicht überzogen sind, es finden sich jedoch auch Stücke, welche durch Form und Struktur über die Entstehung des Bernsteins belehren. So sind die sogenannten Schlauben aus parallelen Lagen zusammengesetzt, an denen ersichtlich ist, wie sich die Harzmasse nach und nach durch periodisches Ausfließen aus dem Baume vermehrte. In gleicher Weise wie beim Harze unserer heutigen Waldbäume finden sich Bernsteinstücke von Zapfenform und zwar sowohl Stalaktiten als auch Stalagmiten, auch Bernsteintropfen kommen vor (Abb. 385). Sie bildeten sich, als das zähflüssige Harz etwa an einem abgebrochenen oder sonstwie verletzten Aste austrat und dann niedertropfte; am Aste selbst der zapfenförmige und schalig zusammengesetzte Stalaktit, unter ihm am Boden der aus einzelnen Tropfen angehäufte Stalagmit. Zuweilen erstarrte auch wohl ein Tropfen und erhielt sich in seiner birnenförmigen Gestalt. Die verschiedenen Grade der Durchsichtigkeit, die wir ebenso, wie am Bernstein, am Harze unserer heutigen Waldbäume beobachten, finden auf folgende Weise ihre Erklärung: Das Harz tritt gewöhnlich mit Baumsaft gemengt und erfüllt von Luftbläschen am Baume aus und erscheint trübe und wolkig; wirkt dann die Sonnenwärme darauf ein, so wird es mehr oder weniger dünnflüssig, und während die unreinen Bestandteile zurückbleiben, scheidet sich durchsichtiges Harz ab. Die Entstehung des Bernsteins als dünnflüssiges Harz wird auch dadurch bestätigt, daß wir in ihm häufig Einschlüsse und an der Oberfläche Abdrücke finden. Meistens sind es kleinere und größere Insekten, die sich bei ihrem Fluge durch den sonnigen Wald jener Zeit an dem klebrigen Baumharz fingen und von nachfließenden Massen eingehüllt wurden, seltener sind es Blättchen und Blüten, wohl auch Zweigspitzen, Holzstückchen und Rinde von den Gewächsen und Bäumen des Waldes, die uns im Bernstein in ausgezeichneter Weise erhalten blieben. Kaum in einem anderen Falle sind wir im stande, die kleinsten Einzelheiten der Fauna und Flora einer früheren geologischen Periode so deutlich zu erkennen, wie an den Bernsteineinschlüssen. Unsere Abb. 386—390 zeigen uns mehrere charakteristische Beispiele in vergrößertem Maßstabe. Die Untersuchung der Insekten hat ergeben, daß im Beginn der Tertiärzeit die Fauna eine der unsrigen sehr ähnliche war. Das Studium der



391. Fischen des Bernsteins mit dem Keſcher. Nach Dr. Klebs.

Pflanzeneinschlüsse, das wir namentlich Goeppert und Conwentz verdanken, zeigt uns, daß der Wald, in dem sich der Bernstein bildete, neben Kiefern, Fichten, Eichen, Buchen, also neben Arten, die unseren heutigen Waldbäumen sehr ähnlich waren, auch aus Palmen, Magnolien, Zimtbäumen und Cypressen bestand, die heute nur in den wärmeren Zonen verbreitet sind. Es dürfte hieraus mit Sicherheit zu schließen sein, daß damals in der Gegend des südlichen Schweden und des heutigen Samlandes ein wärmeres Klima geherrscht hat. Die Bernsteineinschlüsse werden mit großem Eifer studiert, eine der größten Sammlungen besitzt das Bernsteinmuseum der Firma Stantien & Becker in Königsberg in Preußen, auch die Universität Königsberg und das westpreußische Provinzialmuseum zu Danzig sind im Besitze hervorragender Stücke.

Doch kehren wir von diesem Blick auf die Bildungsgeschichte unseres heimischen Schmucksteines zu der ebenso eigenartigen Gewinnung desselben zurück. Seit Jahrtausenden nagen die brausenden Wogen des Baltischen Meeres an den steilen Küsten des Samlandes, die Wände werden unterspült und Stück um Stück sinkt das Land in die Brandung; Frost, Regen und Meeresströmung helfen bei der Zerkleinerung und Fortführung der Sand- und Thonmassen. So rückt das Meer beständig vor, und wenn die Nord- und Westwinde im Herbst und Frühjahr die Wogen bis in die Tiefe aufwühlen, dann werden am Meeresgrund immer neue Teile der blauen Erde gelöst, und der leichte Bernstein, zum Teil getragen von losgerissenen Tangmassen, wird mit diesen an das nahe Ufer geworfen. Schon vor 2—3000 Jahren wurde Bernstein an der Ostseeküste gesammelt und als wertvolle Tauschware gegen Waffen und Schmuck bis in die Mittelmeerländer geführt; ob dies auf dem Landwege oder durch die Phönicier auf dem Wasserwege geschah, mag dahingestellt bleiben. Sicher ist, daß die Kulturvölker des Altertums den Baltischen Bernstein kannten. Die Griechen nannten ihn Elektron und beobachteten bereits seine Eigenschaft, nach dem Reiben leichte Gegenstände anzuziehen und dann wieder abzustoßen. Von der griechischen Bezeichnung ist unser Kunstausdruck Elektrizität abgeleitet. Die Mythologie der Alten erklärt die Bernsteintropfen für Thränen. Als Phaeton, der Sohn des Helios, bei seinem kühnen Wagnis, den Sonnenwagen des Vaters zu lenken, den Tod fand, weinten seine Schwestern um ihn am fernen Gestade, sie wurden in Lerchenbäume verwandelt, und ihre immer wieder fließenden Thränen wurden zu dem köstlichen, vielbegehrten Elektron. — Doch auch in seiner Heimat erfreute sich der Bernstein besonderer Wertschätzung,

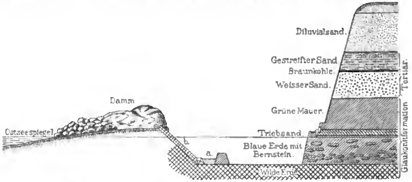


392. Bernstein grabende Taucher auf dem Meeresboden. Nach Dr. Klebs.

wir finden ihn in den alten Grabstätten des nordöstlichen Deutschland vielfach als Schmuckgegenstand vor, namentlich zu Perlen der verschiedensten Form verarbeitet (vgl. auch S. 6 u. 12).

Die ursprüngliche Gewinnung des Bernsteins wird auch jetzt noch mit Erfolg betrieben, und die Bewohner der samländischen Stranddörfer beobachten bei jedem starken Sturme vom hohen Ufer aus mit scharfem Blicke das Meer, um zu erspähen, wo die dunklen Tangmassen, die den Bernstein mit sich führen, an den Strand getrieben werden. Dann eilt jung und alt herzu, die Fischer suchen in der Brandung mit kurzen Handnetzen den Tang und den schwimmenden Bernstein zu erreichen (schöpfen) und werfen ihn an den Strand, wo die Frauen und Kinder das Gold des Samlandes oder, wie der Seebernstein auch genannt wird, den Strandsegen auflesen (Abb. 391). Zuweilen bringt eine Sturmnacht viele tausend Mark Gewinn.

Doch ein großer Teil des Bernsteins sinkt auch im Meere zu Boden, und wenn an klaren, ruhigen Wintertagen — im Januar und Februar ist das Meerwasser besonders durchsichtig — die Fischer in ihren Booten zum Fang ausfahren, dann sehen sie im Sonnenlichte auf dem weißen Sande des Grundes den goldigen Stein klar sich abheben.



393. Profil durch eine Bernsteingräberei am Meeresufer. Nach W. Runge.

So liegt es denn nahe, daß der Bernstein auch in langgestielten, kleinen Netzen vom Meeresgrunde gefischt wird. Die unternehmende Firma Stantien & Becker bildete dieses Verfahren weiter aus, sie ließ durch geübte Taucher (Abb. 392) den Ausstrich der blauen Erde am Meeresgrunde aufsuchen und unter Wasser den Stein graben. Die Taucher arbeiteten an etwa 150 Tagen im Jahre, waren zweimal je 2 Stunden unter Wasser und erhielten hierfür den für dortige Verhältnisse hohen Tagelohn von etwa 5 Mark. Der leicht zu erreichende Stein war jedoch in einigen Jahren aufgelesen, und die Taucherei, die in den ersten Betriebsjahren namentlich große Stücke lieferte, wurde wegen geringer Erträgnisse eingestellt.

Noch in anderer Art erfolgte die Gewinnung des Bernsteins aus dem Wasser. Es war nämlich die Beobachtung gemacht worden, daß der Grund des kurischen Haffes bei Schwarzort Bernstein in gewinnbarer Menge enthielt. Wieder war es die Firma Stantien & Becker, welche eine ganze Flotte großer Dampfbagger beschaffte, den Haffgrund bis zu 10 m Tiefe heraufheben ließ und den Bernstein durch Verwaschen trennte. Merkwürdigerweise fand man hier zusammen mit dem Rohbernstein eine ganze Anzahl in einfachster Weise bearbeitete Bernsteinstücke, welche einer frühen Kulturperiode angehören. Man nimmt an, daß der Bernstein von Schwarzort aus der Ostsee stammt und in das Haff eingeschwemmt wurde, als die heutige kurische Nehrung noch nicht eine geschlossene Landzunge, sondern eine Reihe von Inseln bildete, zwischen denen das Haff mit dem Meere in Verbindung stand. Die Bernstein-Artefacte dürften Gräbern entstammen, welche die Ostsee zugleich mit dem Festlande verschlang. Vor einer Reihe von Jahren wurde auch die Baggerei wegen des Rückganges der Erträge aufgegeben.



394. Bernsteingräberei am Ostseestrande bei Palmnicken. Nach Photographie von Gottheil u. Sohn, Königsberg i. Pr.

Der heute gewonnene Bernstein stammt aus bergmännisch betriebenen Gruben, die in unmittelbarer Nähe von Palmnicken liegen. Schon früher hatte man durch einfache Gräbereien am Strande den Bernstein auf seiner eigentlichen Lagerstätte aufgesucht, indem zunächst (vergl. das Profil Abb. 393) am Steilabsturz der Küste in der guten Jahreszeit möglichst viel Boden entfernt und als Damm gegen die See aufgeschüttet wurde. Dann grub man in die Tiefe, während das zudringende Wasser mittels Schöpfwerke b immer wieder entfernt wurde, und wenn das Glück günstig war und die See ruhig blieb, gelangte man bis zur blauen Erde und erntete reichen Gewinn. Diese Gruben mußten jedoch im Herbste jedesmal wieder verlassen werden, da die See bei Sturm in dieselben



395. Neue Schachtanlage der Firma Stantien u. Becker am Ostseestrande bei Palmnicken.
Nach Photographie von Gottheil u. Sohn, Königsberg i. Pr.

eindrang. Der Aufwand für die Erdarbeiten war recht bedeutend, und der Gewinn entsprach nicht immer den gehegten Hoffnungen. Da lag es denn nahe, solche Gruben durch größere Erdarbeiten gegen die See hin besser zu schützen, und von ihnen aus bergmännische Strecken in der blauen Erde vorzutreiben.

Wieder war es die schon mehrfach genannte Firma Stantien & Becker, welche diesen Weg mit Thatkraft beschritt und seit etwa 1872 dabei zum unterirdischen Abbau der blauen Erde überging. Abb. 394 zeigt diese frühere Art des Betriebes. Später setzte man in die offenen Gruben gemauerte Schächte, umgab sie wieder mit Boden und rüstete sie mit kräftigen Dampfmaschinen zur Förderung, Wasserhebung und neuerdings auch Wetterversorgung aus. So entstanden als Frucht langjähriger Erfahrung und angestrengter Arbeit die heutigen Werke, welche für das Samland eine Quelle des Wohlstandes geworden sind.

Es ist ein eigenartiges Bild, diese Schachtanlage unmittelbar am Meere, für die der Raum erst am steilen Ufer gewonnen werden mußte. Unser Bild (Abb. 395) zeigt die Neuanlage „Grube Anna". Der Betrieb erfordert die äußerste Vorsicht, weil die blaue Erde durch leicht beweglichen Schwimmsand überlagert ist; beim Ausbau der Grubenräume

wird daher zum Verstopfen der kleinsten Ritzen und Spalten Stroh und Fichtenreisig in großen Mengen verwendet. Denn falls durch Offenbleiben einzelner Stellen die oberen Schichten der blauen Erde in Bewegung kommen, so erhalten sie Risse, und der Schwimmsand ergießt sich mit elementarer Gewalt in die Grube. Deshalb müssen auch dort, wo der Abbau beendet ist, besondere Vorkehrungen durch Absperrung der Baue getroffen werden.

Die Werke beschäftigen mehr als 1500 Arbeiter und 100 Beamte. Die jährliche Förderung an blauer Erde ist längst über 100000 cbm gestiegen, deren mittlerer Gehalt an Bernstein etwa 3 kg in 1 cbm betragen dürfte.

Die geförderte blaue Erde wird mittels des gehobenen Schachtwassers einem gründlichen Schlämmverfahren auf immer feineren Sieben unterworfen und der gewaschene Stein dann in der Fabrik in umlaufenden Fässern mittels Soda, Sand und Wasser von



396. Das Sortieren des Bernsteins.
Nach Photographie von Gottheil u. Sohn, Königsberg i. Pr.

der Verwitterungskruste befreit. Nun folgt noch das Sortieren nach Farbe und Form, es wird von einer großen Zahl junger Mädchen (Abb. 396) ausgeführt. Die größeren Stücke sind versandfertig, die kleineren werden für die schon erwähnte Darstellung von Preßbernstein einer sehr sorgfältigen Reinigung mittels scharfer Messer unterworfen, aus den allerkleinsten und den unreinen Stücken werden durch Einschmelzen mehrere Sorten Kolophonium erzeugt, die zur Herstellung von Bernsteinlack dienen. Die abdestillierende Bernsteinsäure wird an Anilinfabriken verkauft.

Die Verarbeitung des Bernsteins, der noch immer als gesuchter Handelsartikel nach allen Erdteilen verschickt wird, fand früher fast ausschließlich in Danzig und Königsberg statt, neuerdings hat sich die Bernsteinindustrie auch in Wien eingebürgert. In den Werkstätten größerer Firmen wird dem Geschmack aller Völker Rechnung getragen; hier werden glatte, dort facettierte Perlen bevorzugt, hier sind sie länglich eirund, dort flach scheibenförmig, bald werden wasserhelle, bald wolkige Perlen verlangt u. s. w., ja selbst die Ohr- und Nasenpflöcke, an denen Zentralafrika immer noch Geschmack findet, fehlen nicht neben den modernsten Schmucksachen für den deutschen Markt.

Gagat.

Außer dem Bernstein ist es nur noch ein Mineral organischen Ursprungs, das zu Schmucksachen und zwar vorwiegend zu Trauerschmuck verarbeitet wird, es ist eine tiefschwarze, dichte Kohle von muscheligem Bruch, die sich leicht durch Schnitzen, Drehen, Feilen bearbeiten läßt und eine schöne Politur annimmt, dabei darf sie nicht zu spröde sein, sondern muß eine gewisse Festigkeit besitzen. Die Härte des Gagats, der übrigens in England Jet, in Frankreich Jais genannt wird, liegt zwischen 3 und 4, das spezifische Gewicht steigt etwa bis 1,35, das Material ist also sehr leicht. Der Sitz der Gagatindustrie ist gegenwärtig Whitby in Yorkshire (England), wo der eigentliche Gagat auf Lagern in der Liasformation, wie auch in Württemberg in der schwäbischen Alp und in Frankreich im Departement de l'Aude vorkommt, an der letztgenannten Örtlichkeit in der Kreideformation. Spanien hat früher viel Gagat geliefert, auch in Nordamerika findet er sich an verschiedenen Fundorten. Außerdem wird aber auch eine echte Steinkohle, die sogenannte Kännelkohle, ebenso wie der Gagat verarbeitet, doch ist das Material minderwertiger.

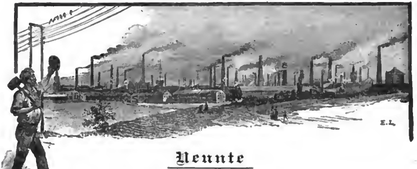
Die Bedeutung der Gagatindustrie in Whitby erhellt am besten daraus, daß in derselben weit über 1000 Arbeiter beschäftigt werden und daß die Jahresproduktion einen Wert von 2 Millionen Mark hat.

Trotz der niedrigen Preise des Gagats werden statt seiner wohl schwarzer Hartgummi und auch schwarzes Glas verwendet. Während sich Gagat und Hartgummi warm anfühlen, ruft Glas als guter Wärmeleiter immer den Eindruck der Kälte hervor, was als Unterscheidungsmerkmal dienen kann, außerdem ist Glas erheblich schwerer als Gagat. Hartgummi läßt sich am leichtesten dadurch erkennen, daß er durch Reiben stark elektrisch wird und leichte Körper anzieht.

Schwarz gefärbter Achat, aus dem ebenfalls Trauerschmuck gefertigt wird, ist durch die feinere Politur und die bedeutende Härte leicht kenntlich, übrigens steht er erheblich höher im Preise als Gagat.

Namen- und Sachregister zu „Bergbau".

A = Abbildung, T = Tafel, die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.



Neunte

durchaus neugestaltete Auflage.

Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien.

Gesamtdarstellung aller Gebiete der gewerblichen und industriellen Arbeit

sowie von Weltverkehr und Weltwirtschaft.

Mit etwa **6000** Text-Abbildungen und farbigen Tafeln in Chromodruck.

Bearbeitet von

Dr. **F. Ahrens**, Prof. für landwirtschaftliche Technologie in Breslau — Prof. Dr. **W. Borchers** in Aachen — Dir. **H. Brüggemann** in Mülhausen i. E. — Ingenieur **E. Cramer** in Berlin — **H. W. Dahlen**, Generalsekretär des deutschen Weinbauvereins in Wiesbaden — **G. Ebe**, Architekt in Berlin — Architekt **J. Faulwasser** in Hamburg — Ingenieur **Max Gary** in Berlin — Dr. **L. Grunmach**, Prof. a. d. techn. Hochschule in Berlin — **M. Gürtler**, Direktor der höh. Webeschule in Berlin — Dir. **Hermann Haedicke** in Remscheid — Regierungsrat Dr. **H. Hecht** in Berlin — **Max Kraft**, Prof. an der techn. Hochschule in Graz — Professor Dr. **Lassar-Cohn** in München — Dr. **Richard Loewenthal**, Lehrer a. d. höh. Webeschule in Kottbus — Dr. **Joh. Päßler**, Vorstand der deutschen Versuchsanstalt für Lederindustrie in Freiberg i. S. — **Ernst Plima**, Direktor der k. k. Fachschule für Holzindustrie in Villach — Geheimrat Prof. **Reuleaux** in Berlin — **Franz Reh**, Prof. a. d. techn. Hochschule in Wien — Ingenieur **E. Rosenboom** in Kiel — **P. Rowald**, Stadtbauinspektor in Hannover — **Tjard Schwarz**, kaiserl. Marine-Baurat in Wilhelmshaven — Prof. Dr. **H. Settegast**, Direktor des landwirtschaftlichen Instituts in Jena — **E. Treptow**, Prof. a. d. Bergakademie in Freiberg — Prof. **L. Troske** in Hannover — **R. Wilke**, Ingenieur für Elektrotechnik in Berlin — Dr. **F. Wüst**, Lehrer a. d. Hüttenschule in Duisburg — und vielen andern Fachmännern ersten Ranges.

Vollständig in 10 Bänden.

geheftet je **8** M., in Halbfranz gebunden je **10** M. — Auch in **160** Heften zu je **50** Pf., oder in **400** Lieferungen zu je **20** Pf. beziehbar.

Inhaltsübersicht. Band I: Entwickelungsgang und Bildungsmittel der Menschheit. — Entwickelung der Baukunst. — Technik des Bauwesens. — Ortsanlagen. Gemeinnützige bauliche Einrichtungen der modernen Städte. — Beleuchtung, Heizung, Ventilation. — Band II: Die Kräfte der Natur und ihre Benutzung. — Band III: Die Elektrizität, ihre Erzeugung und Anwendung in Industrie und Gewerbe. — Band IV: Landwirtschaft und landwirtschaftliche Gewerbe und Industrien. — Band V: Bergbau und Hüttenwesen. — Band VI: Die Verarbeitung der Metalle. — Band VII: Die Industrien der Steine und Erden. Chemische Industrie. — Band VIII: Die Verarbeitung der Faserstoffe. — Band IX: Weltverkehr und seine Mittel. — Band X: Welthandel und Weltwirtschaft. Generalregister.

Dieses große nationale Werk steht einzig da in der gesamten technischen Litteratur aller Völker. Es ist ein Schatz praktischen Wissens und unentbehrlich für jedermann.

Verlag von Otto Spamer in Leipzig.

Spamers
Grosser Hand-Atlas.

150 Kartenseiten nebst alphabetischem Namenverzeichnis.

Hierzu 150 Folio-Seiten Text,

enthaltend eine **geographische, ethnographische** und **statistische Beschreibung aller Teile der Erde**

von Dr. **Alfred Hettner**, a. o. Prof. an der Universität Heidelberg.

Mit ca. 600 topographischen, physikalischen, ethnographischen, historischen und statistischen Karten und Diagrammen.

Zu beziehen: In Halbfr. geb. Preis 20 M., oder in 32 Lieferungen zu je 50 Pf. Gesamtpreis 16 M.

Mit diesem Hand-Atlas ist zu wirklich billigem Preise ein Kartenwerk geschaffen, das nicht nur gelegentlich als Nachschlagewerk dienen, sondern zugleich ein **Bildungsmittel von dauerndem Werte** sein soll, das man **jederzeit** mit Interesse zur Hand nehmen kann. Die sonst nirgends gebotene Vereinigung der Karten eines großen Hand-Atlas mit einem von einem ausgezeichneten Fachmanne bearbeiteten **Abriß der Geographie** und mit **Hunderten** von **kleineren Detail- und Übersichtskarten** ist in ganz besonderem Maße geeignet, anregend und instruktiv zu wirken, und dürfte für viele, ja die meisten, den Besitz eines derartigen Werkes erst wirklich fruchtbringend gestalten.



Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.